



Planunterlagen

Anpassung der seewärtigen Zufahrt zum Seehafen Rostock

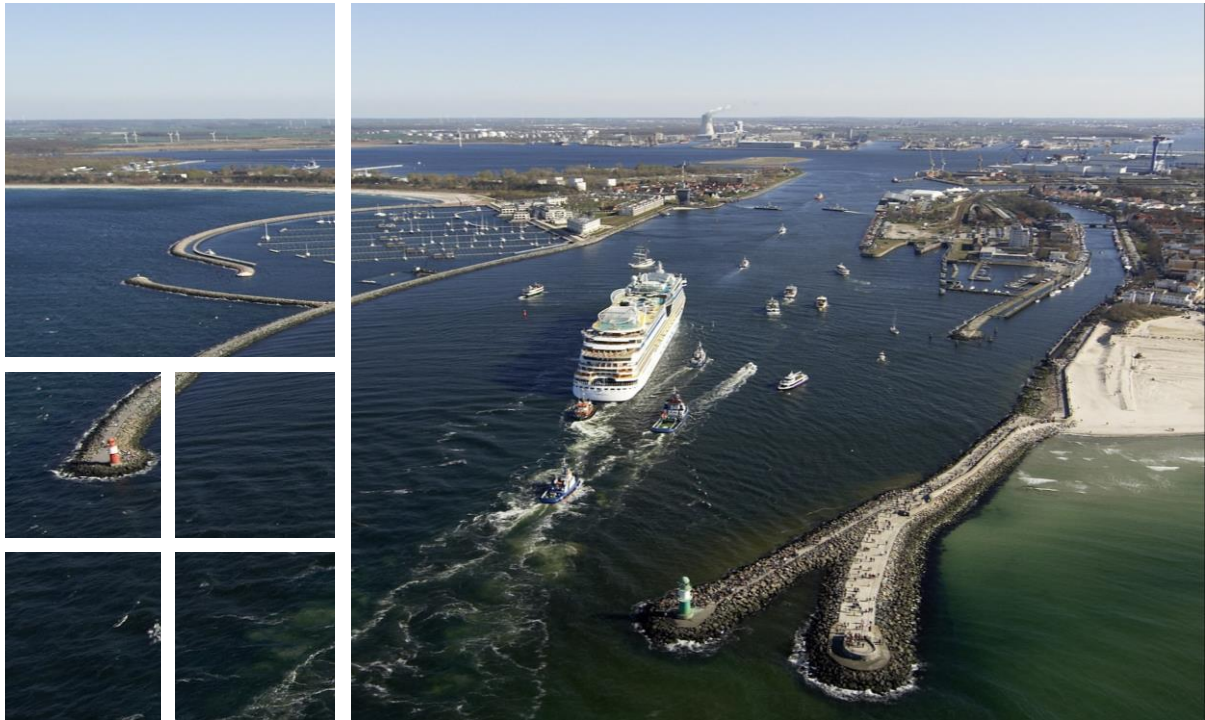


Foto: © ROSTOCK PORT/nordlicht

11_01 Phyto- und Zooplankton



Anpassung der seewärtigen Zufahrt zum Seehafen Rostock

Untersuchungen des Phyto- und Zooplanktons sowie
der physikalisch-chemischen Messgrößen zur Ermittlung
der Gewässergüte



Auftraggeber: Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Stralsund (WSA)

Auftragnehmer: AquaEcology GmbH & Co. KG

Dr. Claus-Dieter Dürselen, Birgit Heyden, Heike Simon, Thomas Raabe

Februar 2017

Inhalt

Inhalt	2
Abbildungsverzeichnis.....	5
Tabellenverzeichnis.....	13
1 Veranlassung	15
2 Methodik.....	16
2.1 Untersuchungsgebiet	16
2.2 Probenahme	17
2.3 Probenauswertung	20
2.3.1 Chlorophyll-a und Phaeopigmente	20
2.3.2 Phytoplankton	20
2.3.3 Zooplankton	21
2.3.4 Nährstoffe	22
2.3.5 Trockenmassen	23
3 Untersuchungsergebnisse Phytoplankton.....	24
3.1 Sichttiefe (Secchi-Tiefe).....	24
3.2 Chlorophyll-a und Phaeopigmente	26
3.3 Artenzusammensetzung.....	28
3.4 Abundanzen	32
3.4.1 Station Unterwarnow (UW).....	32
3.4.2 Station Breitling (B1)	34
3.4.3 Station Breitling (B2)	35
3.4.4 Station Seekanal innen (SK1)	37
3.4.5 Station Seekanal außen (SK2)	38
3.5 Biovolumen	39
3.5.1 Station Unterwarnow (UW).....	40
3.5.2 Station Breitling (B1)	41
3.5.3 Station Breitling (B2)	42
3.5.4 Station Seekanal innen (SK1)	43
3.5.5 Station Seekanal außen (SK2)	45
3.6 Zusammenfassung der Ergebnisse der Phytoplanktonbestimmungen	46
4 Untersuchungsergebnisse Zooplankton	47
4.1 Artenzusammensetzung.....	47
4.2 Abundanzen	54

4.3 Biomasse	60
4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse der Zooplanktonbestimmungen.....	66
5 Untersuchungsergebnisse physikalisch-chemische Messgrößen	68
5.1 Sondendaten	68
5.1.1 Temperatur und Salinität.....	68
5.1.2 pH-Wert.....	77
5.1.3 Sauerstoffgehalt.....	80
5.2 Nährstoffe.....	85
5.2.1 Nitrat.....	85
5.2.2 Ammonium.....	87
5.2.3 Nitrit.....	88
5.2.4 Phosphat.....	90
5.2.5 Silikat	91
5.2.6 Gesamtstickstoff und -phosphor	93
5.3 Trockenmassen.....	94
5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse der physikalisch-chemischen Messungen.....	96
6 Diskussion und Bewertung der Ergebnisse	98
6.1 Grundlagen	98
6.2 Phytoplankton	100
6.2.1 Sichttiefe (Secchi-Tiefe)	100
6.2.2 Chlorophyll-a	100
6.2.3 Phytoplankton-Monitoringdaten des LUNG	104
6.2.3.1 Abundanzen	104
6.2.3.2 Biovolumen	111
6.2.4 Bewertung gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie	117
6.2.5 Fazit	120
6.3 Zooplankton.....	122
6.4 Physikalisch-chemische Messgrößen	126
6.4.1 Temperatur und Salinität.....	127
6.4.2 pH-Wert.....	130
6.4.3 Sauerstoffsättigung	131
6.4.4 Nährstoffe	133
6.4.4.1 Nährstoff-Monitoringdaten des LUNG	133

6.4.4.2 Bewertung gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie	140
7 Abschließende Bewertung und Ausblick	149
8 Glossar und Abkürzungsverzeichnis	151
9 Literatur	155

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lage der Untersuchungsstationen im Probenahmegebiet Seekanal Rostock, Breitling und Unterwarnow (Bildquelle Google Maps 2016, verändert).	16
Abbildung 2:	Secchi-Tiefen an allen Stationen im Untersuchungszeitraum von April bis September 2016.....	25
Abbildung 3:	Von 0 bis max. 6 m integrierte Chlorophyll-a- und Phaeopigmentgehalte der monatlichen Probenahme zwischen April und September 2016 an allen Stationen.....	26
Abbildung 4:	Chlorophyll-a- und Phaeopigmentgehalte über den gesamten Beprobungszeitraum von April bis September 2016 jeweils für die beiden Seekanal- und Breitling-Stationen im direkten Vergleich	27
Abbildung 5:	Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station Unterwarnow (UW).	33
Abbildung 6:	Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im östlichen Breitling (B1).	35
Abbildung 7:	Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im westlichen Breitling (B2).....	36
Abbildung 8:	Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im südlichen Seekanal (SK1, innen).....	38
Abbildung 9:	Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im nördlichen Seekanal (SK2, außen).	39
Abbildung 10:	Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station Unterwarnow (UW). Der kleinere Ausschnitt zeigt das Biovolumen für die Monate April bis August auf einer kleineren Skala.....	40

Abbildung 11: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im östlichen Breitling (B1).....	42
Abbildung 12: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im westlichen Breitling (B2). Der kleinere Ausschnitt zeigt das Biovolumen für die Monate April bis August auf einer kleineren Skala.....	43
Abbildung 13: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im südlichen Seekanal (SK1, innen).	44
Abbildung 14: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im nördlichen Seekanal (SK2, außen).	45
Abbildung 15: Anzahl der Taxa der Zooplanktongemeinschaft an den 5 Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016.	49
Abbildung 16: Zusammensetzung der Zooplanktongemeinschaften an den 5 Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016. Grundlage für die Darstellung sind Abundanzen taxonomischer Gruppen, deren Anteil an mindestens einem Untersuchungszeitpunkt >1% betrug.	50
Abbildung 17: Zusammensetzung der Copepoda-Gemeinschaften an den 5 Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016: Naupliusstadien und Copepoditstadien I-III.....	52
Abbildung 18: Zusammensetzung der Copepoda-Gemeinschaften an den 5 Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016: Copepodidstadien IV+V sowie Adulti.	53
Abbildung 19: Variabilität der Abundanz der Zooplanktongemeinschaften an den 5 Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016 (A). Details zur Variabilität der Abundanz der Zooplanktongemeinschaften an den beiden Flachwasser-Stationen (links) und den 3 Tiefwasser-Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016 (B).....	55
Abbildung 20: Variabilität der Abundanz der Zooplanktongemeinschaften und Zusammenhang der Abundanz zur Lage der Station im Verlauf der Vegetationsperiode 2016.....	57
Abbildung 21: Variabilität der Biomasse der Zooplanktongemeinschaften an den 5 Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016.	62

Abbildung 22	Anteile der Gesamtbio­masse der Zooplanktongemein­schaf­ten an den 5 Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016.	63
Abbildung 23:	Tiefenprofile der Temperatur im April und Mai 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.	69
Abbildung 24:	Tiefenprofile der Temperatur im Juni und Juli 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.	70
Abbildung 25:	Tiefenprofile der Temperatur im August und September 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.	70
Abbildung 26:	Tiefenprofile des Salzgehalts im April und Mai 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.	72
Abbildung 27:	Tiefenprofile des Salzgehalts im Juni und Juli 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.	73
Abbildung 28:	Tiefenprofile des Salzgehalts im August und September 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.	74
Abbildung 29:	Tiefenprofile der Temperatur und des Salzgehalts an der äußeren Seekanal-Station SK2 für den gesamten Beprobungszeitraum von April bis September 2016.	75
Abbildung 30:	Tiefenprofile der Temperatur und des Salzgehalts an der inneren Seekanal-Station SK1 für den gesamten Beprobungszeitraum von April bis September 2016.	76
Abbildung 31:	Tiefenprofile des pH-Werts im April und Mai 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.	77
Abbildung 32:	Tiefenprofile des pH-Werts im Juni und Juli 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.	78
Abbildung 33:	Tiefenprofile des pH-Werts im August und September 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.	79
Abbildung 34:	Tiefenprofile der Sauerstoffgehalte im April und Mai 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.	80
Abbildung 35:	Tiefenprofile der Sauerstoffgehalte im Juni und Juli 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.	81
Abbildung 36:	Tiefenprofile der Sauerstoffgehalte im August und September 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.	82
Abbildung 37:	Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung an der äußeren und inneren Seekanal-Station (SK2 und SK1) für den gesamten Beprobungszeitraum von April bis September 2016.	83
Abbildung 38:	Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung an der Breitling-Station B2 und der Unterwarnow-Station UW für den gesamten Beprobungszeitraum von April bis September 2016.	84
Abbildung 39:	Nitratgehalte an der Wasseroberfläche an allen Untersu­chungsstationen von April bis September 2016.	85
Abbildung 40:	Nitratgehalte an der Wasseroberfläche und in Bodennähe an allen Untersuchungsstationen (Bodennähe nur tiefe Stati­onen) von April bis September 2016 (die obere Grafik	

	entspricht Abbildung 43 mit veränderter Konzentrations- skala).....	86
Abbildung 41:	Ammoniumgehalte an der Wasseroberfläche und in Bodennähe an allen Untersuchungsstationen (Bodennähe nur tiefe Stationen) von April bis September 2016.	88
Abbildung 42:	Nitritgehalte an der Wasseroberfläche und in Bodennähe an allen Untersuchungsstationen (Bodennähe nur tiefe Statio- nen) von April bis September 2016.	89
Abbildung 43:	Phosphatgehalte an der Wasseroberfläche und in Bodennähe an allen Untersuchungsstationen (Bodennähe nur tiefe Stationen) von April bis September 2016.....	91
Abbildung 44:	Silikatgehalte an der Wasseroberfläche und in Bodennähe an allen Untersuchungsstationen (Bodennähe nur tiefe Statio- nen) von April bis September 2016.	92
Abbildung 45:	Gehalte an Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor über die integrierte Wassersäule an allen Untersuchungsstationen von April bis September 2016.....	94
Abbildung 46:	Gehalte an Trockenmasse an der Wasseroberfläche und in Bodennähe an allen Untersuchungsstationen (Bodennähe nur tiefe Stationen) von April bis September 2016.	95
Abbildung 47:	Lage der Messstellen für den Vergleich von LUNG Untersuchungsstationen (UW2-6, O5) mit ungefähre Lage der Beprobungsstationen SK2, SK1, B2, B1 und UW (Quelle: Masterarbeit Rosenbaum, 2015, Basiskarte GAIA-MV, verändert).	99
Abbildung 48:	Chlorophyll a-Gehalte aller Stationen innerhalb des Wasserkörpers Unterwarnow mit Chl-a-Zielwert der Station UW4 nach Schernewski et al. (2015).....	102
Abbildung 49:	Chlorophyll a-Gehalt der Station SK2 mit Chl-a-Zielwert der Station O5 nach Schernewski et al. (2015).	103
Abbildung 50:	Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemein- schaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2011 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.	105
Abbildung 51:	Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemein- schaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2012 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.	106
Abbildung 52:	Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemein- schaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2013 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.	106

Abbildung 53: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2014 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.	107
Abbildung 54: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2015 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.	107
Abbildung 55: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2011 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.	108
Abbildung 56: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2012 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.	109
Abbildung 57: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2013 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.	109
Abbildung 58: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2014 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.	110
Abbildung 59: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2015 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.	110
Abbildung 60: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2011 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.	112
Abbildung 61: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2012 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.	112
Abbildung 62: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2013 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.	113

Abbildung 63: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2014 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.	113
Abbildung 64: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2015 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.	114
Abbildung 65: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2011 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.....	115
Abbildung 66: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2012 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.....	115
Abbildung 67: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2013 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.....	116
Abbildung 68: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2014 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.....	116
Abbildung 69: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2015 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.....	117
Abbildung 70: Vergrößerter Ausschnitt des hier relevanten Untersuchungsgebietes aus der aktuellen Bewertungskarte des LUNG für die Qualitätskomponente Phytoplankton der Oberflächengewässer in der Flussgebietseinheit Warnow/Peene (Karte 4.2.1 aus LUNG 2015). ■ - mäßig, ■ - unbefriedigend.....	120
Abbildung 71: Jahrgänge der Abundanz der Zooplanktongemeinschaften an Station O5 des LUNG-Monitorings und der Außenstation SK2.....	123
Abbildung 72: Jahrgänge der Abundanz und Zusammensetzung der verschiedenen Taxa der Copepoda der Zooplanktongemeinschaften an der Station O5 des LUNG-Monitorings.....	123
Abbildung 73: Jahrgänge der Biomasse und Anteile der Biomasse der verschiedenen Taxa der Zooplanktongemeinschaften an der Station O5 des LUNG-Monitorings und der Außenstation SK2.	124

Abbildung 74: Entwicklung der Abundanz der Zooplanktongemeinschaften in der Vegetationsperiode 2016 an Station O5 des LUNG-Monitorings und allen Stationen diesen Projektes.....	125
Abbildung 75: Entwicklung der Biomasse und Anteile der Biomasse der verschiedenen Taxa der Zooplanktongemeinschaften in der Vegetationsperiode 2016 an der Station O5 des LUNG-Monitorings und allen Stationen diesen Projektes.....	126
Abbildung 76: Temperaturen an den Untersuchungsstationen von April bis September 2016 an der Oberfläche und am Boden, soweit vorhanden, im Vergleich mit Monatsmittelwerten (grüne Markierung für Oberflächenwerte und schwarze Markierung für Bodenwerte) der entsprechenden LUNG-Vergleichsstationen im Zeitraum 2011-2015.....	128
Abbildung 77: Salzgehalte der Untersuchungsstationen von April bis September 2016 an der Oberfläche und am Boden, soweit vorhanden, im Vergleich mit Monatsmittelwerten (grüne Markierung für Oberflächenwerte und schwarze Markierung für Bodenwerte) der entsprechenden LUNG-Vergleichsstationen im Zeitraum 2011-2015.....	128
Abbildung 78: Tiefenprofile der Salzgehalte an der äußeren und inneren Seekanal-Station (SK2 und SK1) von Juni, Juli und September 2016 im Vergleich zu den LUNG-Stationen O5 und UW4 von Juni, Juli und September 2014 und 2015.	129
Abbildung 79: pH-Werte an den Untersuchungsstationen von April bis September 2016 an der Oberfläche und am Boden, soweit vorhanden, im Vergleich mit Monatsmittelwerten (grüne Markierung für Oberflächenwerte und schwarze Markierung für Bodenwerte) der entsprechenden LUNG-Vergleichsstationen im Zeitraum 2011-2015.....	131
Abbildung 80: Sauerstoffsättigung an den Untersuchungsstationen von April bis September 2016 an der Oberfläche und am Boden, soweit vorhanden, im Vergleich mit Monatsmittelwerten (grüne Markierung für Oberflächenwerte und schwarze Markierung für Bodenwerte) der entsprechenden LUNG-Vergleichsstationen im Zeitraum 2011-2015.	132
Abbildung 81: Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung an der inneren Seekanal-Station SK1 und der tiefen Breitling-Station B2 vor Pier III von Juni, Juli und September 2016 im Vergleich zu den LUNG-Stationen UW4 und UW6 von Juni, Juli und September 2014 und 2015.....	133
Abbildung 82: Nährstoffe (Nitrat, Ammonium, Nitrit, Phosphat und Silikat) oberflächen- und bodennah an allen Untersuchungsstationen im April 2016; Markierungslinien in Rot zeigen die 50%-Perzentilen, in Blau die 10%-Perzentilen für jede Station bezogen auf LUNG-Messdaten von 2011-2015.....	134

Abbildung 83: Nährstoffe (Nitrat, Ammonium, Nitrit, Phosphat und Silikat) oberflächen- und bodennah an allen Untersuchungsstationen im Mai 2016; Markierungslinien in Rot zeigen die 50%-Perzentilen, in Blau die 10%-Perzentilen für jede Station bezogen auf LUNG-Messdaten von 2011-2015.....	135
Abbildung 84: Nährstoffe (Nitrat, Ammonium, Nitrit, Phosphat und Silikat) oberflächen- und bodennah an allen Untersuchungsstationen im Juni 2016; Markierungslinien in Rot zeigen die 50%-Perzentilen, in Blau die 10%-Perzentilen für jede Station bezogen auf LUNG-Messdaten von 2011-2015.....	137
Abbildung 85: Nährstoffe (Nitrat, Ammonium, Nitrit, Phosphat und Silikat) oberflächen- und bodennah an allen Untersuchungsstationen im Juli 2016; Markierungslinien in Rot zeigen die 50%-Perzentilen, in Blau die 10%-Perzentilen für jede Station bezogen auf LUNG-Messdaten von 2011-2015.....	138
Abbildung 86: Nährstoffe (Nitrat, Ammonium, Nitrit, Phosphat und Silikat) oberflächen- und bodennah an allen Untersuchungsstationen im August 2016; Markierungslinien in Rot zeigen die 50%-Perzentilen, in Blau die 10%-Perzentilen für jede Station bezogen auf LUNG-Messdaten von 2011-2015.....	139
Abbildung 87: Nährstoffe (Nitrat, Ammonium, Nitrit, Phosphat und Silikat) oberflächen- und bodennah an allen Untersuchungsstationen im September 2016; Markierungslinien in Rot zeigen die 50%-Perzentilen, in Blau die 10%-Perzentilen für jede Station bezogen auf LUNG-Messdaten von 2011-2015.....	140
Abbildung 88: Ökologischer Zustand und ökologisches Potenzial der Oberflächenwasserkörper der Unterwarnow und des angrenzenden äußeren Küstenwassers der Mecklenburger Bucht (Quelle: WasserBLICK/BfG; 11.12.2015).....	144
Abbildung 89: Konzentrationen von Gesamt-Stickstoff (TN) und -Phosphor (TP) an den Unterwarnow-Stationen des Wasserkörpers B2a und der Schwellenwert zum Übergang gut/mäßig (rote Linie).	145
Abbildung 90: Konzentrationen von Gesamt-Stickstoff (TN) und -Phosphor (TP) an der Außenstation SK2 im Wasserkörper B3b und der Schwellenwert zum Übergang gut/mäßig (rote Linie).....	146

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Probenahmepunkte, Stationsbezeichnungen und geographische Positionen im Untersuchungsgebiet.	17
Tabelle 2:	Inventar der monatlichen Probenahme von April bis September 2016 für die Untersuchungen des Zoo- und Phytoplanktons sowie der Wasserqualität anhand physikalisch-chemischer Parameter.	19
Tabelle 3:	Halbquantitatives Vorkommen anhand der Abundanzen der verschiedenen Taxa (auf Gattungsniveau innerhalb der Stämme) an den fünf beprobten Stationen zwischen April und September 2016. ■: vereinzelt < 10.000 Ind./l, ■: mäßig 10.000 bis 100.000 Ind./l, ■: häufig 100.000 bis 500.000 Ind./l, ■: sehr häufig 500.000 bis 2 Mio. Ind./l, ■: dominant > 2 Mio. Ind./l.	28
Tabelle 4:	Liste der im Untersuchungsgebiet und -zeitraum 2016 gefundenen Taxa inklusive Angabe der Erstbeschreibung.	47
Tabelle 5:	Beschreibung der Zooplanktonproben inkl. Probenahmetechnik, beprobtes Volumen, abiotische Faktoren des beprobten Wasserkörpers, Abundanz, berechneter Biomasse und Anzahl der an den 5 Stationen im Untersuchungsgebiet in der Vegetationsperiode 2016 gefundenen Taxa/taxonomische Gruppen.	48
Tabelle 6:	Abundanz und prozentuale Anteile der Zooplanktongruppen an den 5 Stationen im Untersuchungszeitraum. Cirripedia mit Cyprisstadienanteil von: ^{1a} 150 Ind., ^{2a} 100 Ind., ^{3a} 50 Ind., ^{4a} 200 Ind.; ■: Anteil 10-30 %, ■: Anteil 30-50 % ■: Anteil > 50 %.	56
Tabelle 7:	Abundanz und prozentuale Anteile der unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Copepoda-Arten bezogen auf die Gesamtabundanz aller Zooplanktonarten an den 5 Stationen im Untersuchungszeitraum. ■: Anteil 10-30 %, ■: Anteil 30-50 % ■: Anteil > 50 %.....	58
Tabelle 8:	Biomasse und prozentuale Anteile der Zooplanktongruppen an den 5 Stationen im Untersuchungszeitraum. Cirripedia mit Cyprisstadienanteil: ^{1b} 330 µg C, ^{2b} 220 µg C, ^{3b} 110 µg C, ^{4b} 440 µg C; ■: Anteil 10-30 %, ■: Anteil 30-50 % ■: Anteil > 50 %.	61
Tabelle 9:	Biomasse und prozentuale Anteile der unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Copepoda-Arten bezogen auf die Gesamtbiomasse aller Zooplanktonarten an den 5 Stationen im Untersuchungszeitraum. ■: Anteil 10-30 %, ■: Anteil 30-50 % ■: Anteil > 50 %.....	64
Tabelle 10:	Tiefe der Untersuchungsstationen.	68

Tabelle 11:	Zielwerte für Chlorophyll-a nach Schernewski et al. (2015) für verschiedene Wasserkörper anhand einzelner Stationen	101
Tabelle 12:	Bewertungsergebnisse und Berechnung des Phytoplankton-index für Küstengewässer (PPI _{CW}) der Beprobungen aus dem Jahr 2016 gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie nach Sagert et al. 2008. Angegeben sind die Mittelwerte von April bis September. Die Dimensionen der Messgrößen gelten für die weißen Felder. Die daraus berechneten EQR-Werte in den farbigen Feldern sind dimensionslos. Die Farben entsprechen der gängigen Kennzeichnung der Klassifizierung: ■ - sehr gut, ■ - gut, ■ - mäßig, ■ - unbefriedigend, ■ - schlecht.	118
Tabelle 13:	Sehr guter ökologischer Zustand bzw. sehr gutes ökologisches Potenzial: Werte für Stickstoff- und Phosphorparameter für verschiedene Gewässertypen der Ostsee in Mecklenburg-Vorpommern (OGewV 2016); gelb unterlegt sind die relevanten Typen und Werte für den Seekanal Rostock.....	141
Tabelle 14:	Vorgaben für einen guten ökologischen Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial: Werte für Stickstoff- und Phosphorparameter für verschiedene Gewässertypen der Ostsee in Mecklenburg-Vorpommern (OGewV 2016); gelb unterlegt sind die relevanten Typen und Werte für den Seekanal Rostock.....	142
Tabelle 15:	Zielwerte für Gesamt-Stickstoff und -Phosphor aus Modellrechnungen nach Schernewski et al. (2015).	142
Tabelle 16:	Bewertung der Nährstoffkonzentrationen bei Warnemünde nach den Orientierungswerten der LAWA (2007) auf Basis LUNG-Daten , Auszug aus BfG (2011).	143
Tabelle 17:	Mess-, Grenz- und Zielwerte für Gesamt-Stickstoff für verschiedene Wasserkörper; Bewertung nach OGewV (2016): orange – unbefriedigend / grün – gut	147
Tabelle 18:	Mess-, Grenz- und Zielwerte für Gesamt-Phosphor für verschiedene Wasserkörper; Bewertung nach OGewV (2016): orange – unbefriedigend / grün – gut	147

1 Veranlassung

Das Land Mecklenburg-Vorpommern hat beim Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS) den Ausbau der seewärtigen Zufahrt zum Hafen Rostock beantragt. Ziel des Ausbaus ist die Vertiefung des Seekanals, um ein Befahren mit Schiffen mit einem Tiefgang von 15 m zu ermöglichen.

Als Ergebnis einer durchgeführten Machbarkeitsstudie wurde das WSA Stralsund vom BMVBS beauftragt, eine Hauptuntersuchung zum Ausbau des Seekanals Rostock auf NHN -16,xx m durchzuführen.

Im Rahmen dieser Hauptuntersuchung sind ökologische Begleituntersuchungen durchzuführen, die vom WSA Stralsund vergeben wurden. Es handelt sich dabei um Untersuchungen zum Bestand des Makrozoobenthos sowie um Untersuchungen des Zoo- und Phytoplanktons einschließlich der verschiedenen physikalisch-chemischen Messgrößen für die Wasserqualität. Diese ökologischen Untersuchungen zur Bestandserfassung dienen als Grundlage für eine Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU).

In dem vorliegenden Teilgutachten werden die Ergebnisse der Untersuchungen des Zoo- und Phytoplanktons sowie der Wasserqualität anhand physikalisch-chemischer Parameter dargestellt. In diesem Rahmen wurde sowohl die Erfassung und Beschreibung des Ist-Zustands im Vorhabengebiet, als auch eine Einordnung der Messergebnisse in vorhandene Monitoringdaten durchgeführt. Soweit möglich, wurde auf Basis der erhobenen Daten eine Bewertung vorgenommen, die sich an die Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) anlehnte. Insbesondere Veränderungen im Nährstoffhaushalt mit möglichen Auswirkungen auf die Planktonproduktion und die Sauerstoffverhältnisse standen dabei im Fokus der Arbeiten.

Grundlegende Monitoringdaten für den Zeitraum 2011-2015 wurden freundlicherweise vom Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) zur Verfügung gestellt. Diese Daten ermöglichten eine Einordnung der Messungen in die Jahresverläufe der Vorjahre.

Aus den Einzelergebnissen der Messungen und Bewertungen wurde eine abschließende Bewertung erstellt und ein Fazit mit Bezug zu den geplanten Ausbaumaßnahmen beim Seekanal Rostock gezogen.

2 Methodik

2.1 Untersuchungsgebiet

An fünf festgelegten Stationen wurden im Untersuchungsgebiet monatliche Probenahmen zur Untersuchung des Zoo- und Phytoplanktons sowie verschiedener Messgrößen zur Beurteilung der Wasserqualität zwischen April und September 2016 durchgeführt (Abbildung 1). Die genauen Bezeichnungen und exakten geographischen Positionen sind in Tabelle 1 zu finden. Drei der Stationen befanden sich im existierenden Fahrwasser, die beiden Punkte im inneren See-kanal (SK1 und SK2) sowie die südliche Station im Breitling (B2) vor Pier III. Zusätzlich wurden zwei weitere Stationen im Flachwasserbereich des östlichen Breitlings (B1) und in der Unterwarnow (UW) beprobt.



Abbildung 1: Lage der Untersuchungsstationen im Probenahmegebiet Seekanal Rostock, Breitling und Unterwarnow (Bildquelle Google Maps 2016, verändert).

Tabelle 1: Probenahmepunkte, Stationsbezeichnungen und geografische Positionen im Untersuchungsgebiet.

Station	Probenahmepunkt	Breitengrad	Längengrad	Hochwert	Rechtswert
SK2	Seekanal außen	54°13,5232'	12°04,0739'	6012568,075	308866,269
SK1	Seekanal innen	54°10,1065'	12°05,9989'	6006148,307	310698,688
B2	Breitling 2 - vor Pier III	54°09,5944'	12°06,6757'	6006027,906	312658,617
B1	Breitling 1 - Flachwasserzone	54°10,0848'	12°07,0823'	6005168,722	311396,000
UW	Unterwarnow	54°08,859'	12°05,5482'	6003856,326	310113,331

Die Positionen konnten bei den monatlichen Untersuchungen bis auf zwei Ausnahmen exakt eingehalten werden. Im Juni 2016 herrschte während der Probenahme anhaltender Südwind, so dass die Flachwasserstationen im Breitling und der Unterwarnow eine um 20 cm geringere Wassertiefe aufwiesen. Um einen Bodenkontakt des Schiffes und damit verbundene negative Einflüsse auf die Messdaten durch aufgewirbelte Sedimente zu vermeiden, wurden die Positionen der Stationen B1 und UW geringfügig angepasst.

2.2 Probenahme

Die physikalisch-chemischen Messgrößen Temperatur, Salzgehalt, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und pH-Wert wurden an jeder Untersuchungsstation zu Beginn der Beprobung mit einer vorab kalibrierten Multiparametersonde Hydrolab MS5 der Fa. OTT Hydromet GmbH im Tiefenprofil über die gesamte Wassersäule aufgenommen.

Die Probenahme für die Phyto- und Zooplanktonuntersuchungen erfolgte entsprechend den Vorgaben von DIN EN 15972 (2011-11) und DIN EN 16698 (2014-02). Hier ist die Entnahme von Mischproben aus der euphotischen Zone oberhalb der Densi-/Thermokline vorgegeben, um eine möglichst vollständige Erfassung des vorliegenden Artenspektrums im Oberflächenwasser zu gewährleisten. Wichtige Begleitparameter zur Interpretation der biologischen Aktivität in den oberen Wasserschichten sind ferner die Gehalte an Chlorophyll-a sowie Stickstoff und Phosphor. Daher wurden sowohl die Planktonproben als auch die Proben zur Messung der Pigment- (Chlorophyll-a und Phaeopigmente), Gesamtstickstoff- und Gesamtphosphorkonzentrationen an den tiefen Stationen B2, SK1 und SK2 mit einem Integralschöpfer IWS III der Fa. HYDRO-BIOS Apparatebau GmbH zwischen der Oberfläche und 6 m Tiefe genommen. Im Juni konnte der Integralwasserschöpfer wegen eines Defektes an der Station B2 nicht eingesetzt werden. Stattdessen wurde dort eine integrierte Probe erzeugt, indem mit einem Niskin-Schöpfer der Fa. General Oceanics Proben von der Oberfläche sowie aus den Tiefen 2, 4 und 6 m entnommen und gemischt wurden. Die beiden flachen Stationen UW und B1 wurden für diese Messgrößen etwa aus der Mitte der Wassersäule ebenfalls in mehreren Entnahmevorgängen mit dem Niskin-Schöpfer beprobt. In beiden Fällen

wurden die nacheinander gewonnenen Unterproben der verschiedenen Entnahmeprozesse in einem mit einer Messskala zwecks Bestimmung des tatsächlichen Probenvolumens versehenen 20-Liter-Kanister zu einer Gesamtprobe vereinigt.

Für die qualitative und quantitative Analyse des Phytoplanktons wurde aus der gut durchmischten Probe eine 100-ml-Klarglasflasche gefüllt. Zur Fixierung der Organismen erfolgte die Zugabe von Lugol'scher Lösung (1 ml pro 100 ml Probe). Anschließend lagerten die Flaschen dunkel bis zur Auswertung.

Zur Gewinnung des Materials für die qualitative und quantitative Untersuchung des Zooplanktons wurden jeweils maximal 20L der gut durchmischten Gesamtprobe über ein 100 µm Zooplanktonnetz (Fa. HYDRO-BIOS Apparatebau GmbH) filtriert. Die so gewonnene Probe wurde direkt durch Zugabe eines entsprechenden Volumens einer 20%igen Formaldehydlösung in PE-Flaschen fixiert (Endkonzentration 4 % v/v) und bis zur weiteren Bearbeitung im Labor gelagert.

Für die Pigmentuntersuchungen wurde ein definiertes Volumen der gut durchmischten Wasserprobe mit geringem Unterdruck (maximal -200 mbar) über GF/F-Glasfaserfilter (Durchmesser 5 cm) gesaugt, so dass sich die im Wasser enthaltenen Partikel (darunter auch das Phytoplankton) auf dem Filter anreichern konnten. Während der Filtration wurde direkte Sonneneinstrahlung unbedingt vermieden, um einen Abbau der lichtempfindlichen Pigmente auf dem Filter zu verhindern und damit die Messdaten nicht zu verfälschen. Die Filter wurden jeweils in ein Zentrifugenröhrchen gegeben, das mit Alufolie umhüllt und tiefgefroren wurde. Die so behandelten Proben lagerten bis zur Extraktion und Messung bei -20 °C.

Für die Messung von Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor wurden Proben aus dem Integralschöpfer unfiltriert abgefüllt, sofort tiefgefroren und bei -20 °C bis zur späteren Weiterverarbeitung gelagert.

Die Probenahme für die Nährstoffe Nitrat, Nitrit, Ammonium, Ortho-Phosphat und Silikat sowie die Schwebstoffkonzentration (Trockenmasse) erfolgte an den tiefen Stationen mittels eines Niskin-Wasserschöpfers an der Oberfläche (0,5 bis 1 m Wassertiefe) und etwa 1 m über Grund. Die beiden flachen Stationen wurden etwa in der Mitte der Wassersäule beprobt. Das Wasser wurde an Bord sofort filtriert, tiefgefroren und anschließend bei -20 °C gelagert. Für die Filtration wurden Whatman-Grade-GF/C-Filter, Durchmesser 25 mm, mit einer initialen Ausschlussporengröße von 1,2 µm eingesetzt. Das Filtrationsvolumen lag - je nach Trübstoffgehalt der Wasserprobe - zwischen 250 und 1.300 ml.

Zur Bestimmung der Trockenmassen wurden bei der Filtration eines definierten Probenvolumens geglähte und vorgewogene 25-mm Whatman-Grade-GF/C-Filter verwendet, die anschließend bei -20 °C tiefgefroren wurden.

Die Sichttiefe (Secchi-Tiefe) wurde mit einer weißen Scheibe bestimmt, die einen Durchmesser von 20 cm hatte. Sie ist als diejenige Tiefe definiert, in der die Scheibe für das menschliche Auge gerade eben nicht mehr sichtbar ist. In dieser

Tiefe kommen noch etwa 16 % des Oberflächenlichtes an, in der doppelten Sichttiefe etwa 1 %. Das ist die Grenze, an der Pflanzen (also auch das Phytoplankton) gerade noch eine positive Photosynthesebilanz erreichen können, der Aufbau organischer Substanz also die Atmung übertrifft.

In Tabelle 2 sind sämtliche Parameter aller Probenahmen mit Angaben zu den Entnahmetiefen in einem Inventar zusammengestellt.

Tabelle 2: Inventar der monatlichen Probenahme von April bis September 2016 für die Untersuchungen des Zoo- und Phytoplanktons sowie der Wasserqualität anhand physikalisch-chemischer Parameter.

Inventory	26.04.2016	24.05.2016	21.06.2016	20.07.2016	23.08.2016	20.09.2016
Schiff	Rosenort	Rosenort	Rosenort	Rosenort	Rosenort	Rosenort
Stationen	SK2, SK1, B2, B1, UW	SK2, SK1, B2, B1, UW	SK2, SK1, B2, B1, UW	SK2, SK1, B2, B1, UW	SK2, SK1, B2, B1, UW	SK2, SK1, B2, B1, UW
Sondendaten	alle Stationen	alle Stationen	alle Stationen	alle Stationen	alle Stationen	alle Stationen
Tiefen	gesamte Wassersäule	gesamte Wassersäule	gesamte Wassersäule	gesamte Wassersäule	gesamte Wassersäule	gesamte Wassersäule
Temperatur	x	x	x	x	x	x
Salzgehalt	x	x	x	x	x	x
Leitfähigkeit	x	x	x	x	x	x
Sauerstoff	x	x	x	x	x	x
pH	x	x	x	x	x	x
zusätzliche Parameter	alle Stationen	alle Stationen	alle Stationen	alle Stationen	alle Stationen	alle Stationen
Tiefen	Oberfläche, Boden; B1, UW nur Oberfläche	Oberfläche, Boden; B1, UW nur Oberfläche	Oberfläche, Boden; B1, UW nur Oberfläche	Oberfläche, Boden; B1, UW nur Oberfläche	Oberfläche, Boden; B1, UW nur Oberfläche	Oberfläche, Boden; B1, UW nur Oberfläche
Trockengewicht	x	x	x	x	x	x
Secchi-Tiefe	x	x, SK2 fehlt	x	x	x	x
Biologische Parameter	SK2, SK1, B2 integrierend; B1, UW Niskin-Mix	SK2, SK1, B2 integrierend; B1, UW Niskin-Mix	SK2, SK1 integrierend; B2, B1, UW Niskin-Mix	SK2, SK1, B2 integrierend; B1, UW Niskin-Mix	SK2, SK1, B2 integrierend; B1, UW Niskin-Mix	SK2, SK1, B2 integrierend; B1, UW Niskin-Mix
Tiefen	0 - 6 m integrierend	0 - 6 m integrierend	0 - 6 m integrierend	0 - 6 m integrierend	0 - 6 m integrierend	0 - 6 m integrierend
Chl-a	x	x	x	x	x	x
Phytoplankton-Artenzusammensetzung	x	x	x	x	x	x
Phytoplankton-Abundanz	x	x	x	x	x	x
Phytoplankton-Biovolumen	x	x	x	x	x	x
Zooplankton-Artenzusammensetzung	x	x	x	x	x	x
Zooplankton-Abundanz	x	x	x	x	x	x
Zooplankton-Biovolumen	x	x	x	x	x	x
TN	x	x	x	x	x	x
TP	x	x	x	x	x	x
Nährstoffe	alle Stationen	alle Stationen	alle Stationen	alle Stationen	alle Stationen	alle Stationen
Tiefen	Oberfläche, Boden; B1 nur Oberfläche	Oberfläche, Boden; B1, UW nur Oberfläche	Oberfläche, Boden; B1, UW nur Oberfläche	Oberfläche, Boden; B1, UW nur Oberfläche	Oberfläche, Boden; B1, UW nur Oberfläche	Oberfläche, Boden; B1, UW nur Oberfläche
NO ₃	x	x	x	x	x	x
NO ₂	x	x	x	x	x	x
NH ₄	x	x	x	x	x	x
Si	x	x	x	x	x	x
PO ₄	x	x	x	x	x	x

2.3 Probenauswertung

2.3.1 Chlorophyll-a und Phaeopigmente

Die Bestimmung der Chlorophyll-a- und Phaeopigment-Konzentrationen wurde gemäß DIN-Norm 38412-16: 1985-12 durchgeführt. Der Aufschluss des Chlorophyll-a auf den Filtern erfolgte nach einer Homogenisation mit 70 °C heißem Ethanol (90%). Nach der Entfernung der Filterreste durch Zentrifugation wurde die Extinktion des Überstandes photometrisch (Photometer WTW PhotoLab 6600 UV-VIS) bei einer Wellenlänge von 665 nm gemessen. Dabei wurde das Chlorophyll-a als wichtigstes Photosynthesepigment zunächst als Gesamt-Chlorophyll-a inklusive der Abbauprodukte, der Phaeopigmente, bestimmt. Durch erneute Messung bei 750 nm und Subtraktion des Messwertes vom 665-nm-Messwert wurde eine Trübungskorrektur durchgeführt. Es erfolgte eine erneute Bestimmung der Extinktion nach Ansäuern der Lösung mit Salzsäure, bei der das Chlorophyll vollständig in Phaeopigmente überführt wurde. Auch hier wurde, wie oben beschrieben, eine Trübungskorrektur durchgeführt. Aus den beiden Messungen (vor und nach der Ansäuerung) ließen sich nun die Konzentrationen des aktiven Chlorophyll-a und der Phaeopigmente rechnerisch ermitteln und in µg pro Liter angeben.

2.3.2 Phytoplankton

Die Untersuchungen der Phytoplanktonlebensgemeinschaften basierten auf der taxonomischen Bestimmung der Algentaxa (Artenspektrum), der mikroskopischen Zählung (Abundanz) und der Ermittlung des Biovolumens in sedimentierten Wasserproben mit Hilfe eines Umkehrmikroskops (Utermöhl 1958, DIN EN 15972: 2011-11).

Die gut durchmischten Proben wurden direkt aus den Probenflaschen in 3-ml- bzw. 10-ml-Sedimentationskammern angesetzt und mindestens 8 Stunden zur Sedimentation waagrecht abgestellt und anschließend mit Hilfe eines umgekehrten Mikroskops (ZEISS Axiovert 135) ausgewertet. Dazu wurde die gesamte Kammerfläche (oder definierte Teilabschnitte) systematisch abgefahren, die gefundenen Phytoplanktonorganismen bestimmt und in ihrer Anzahl erfasst. Soweit möglich erfolgte die Bestimmung auf Artniveau; war dies nicht möglich, wurde alternativ auf Gattungsniveau oder als Zuordnung zu höheren taxonomischen Gruppen erfasst. Die Abschätzung des Biovolumens erfolgte gemäß DIN EN 16695 (2015-12). Laut dieser Norm ist jeder Art ein geometrischer Körper zugeordnet. Die für die Berechnung des entsprechenden Biovolumens notwendigen Dimensionen wurden bei einer repräsentativen Anzahl von Zellen jeder Art (Gattung oder Gruppe) unter dem Mikroskop mittels eines kalibrierten Okularmikrometers vermessen. Die Angabe der Abundanz für jedes Taxon erfolgte schließlich in Zellen pro Liter, die des Biovolumens in µm³ pro Liter.

2.3.3 Zooplankton

Vor den mikroskopischen Analysen der Proben wurden die Zooplanktonorganismen über ein 50- μm -Netz von der Fixierlösung befreit, mit salzhaltigem Wasser (Salzgehalt entsprechend des Salzgehaltes des Wasserkörpers, aus dem die Probe entnommen wurde) gespült und in ein der Individuendichte der Probe angepasstes Volumen einer Sortierlösung (5% Propandiol und 0,2% 1-Phenoxy-2-propanol) überführt. Die Analyse erfolgte mit Hilfe eines Inversmikroskops (Hund WETZLAR) in einer Mini-Bogorov-Zählkammer, in der die Organismen mittels einer Präpariernadel bewegt werden können, um entscheidende Bestimmungsmerkmale der Taxa sichtbar werden zu lassen. Die Vermessungen der individuellen Körperlängen erfolgten mit einem kalibrierten Okularmikrometer.

Die taxonomische Analyse des Zooplanktons erfolgte grundsätzlich anhand einer Artenliste, die auf langjährigen Aufzeichnungen des Arteninventars der Ostsee (Monitoring des Leibniz-Instituts für Ostseeforschung Warnemünde) und in Anlehnung an die Artenliste des Ostsee-Zooplanktonatlas von Telesh et al. (2009) basiert. Da die Bestimmung des Artniveaus bei *Bosmina*-Arten ungeklärt bzw. unter Experten in Diskussion befindlich ist, wurde *Bosmina* spp. nur auf Gattungsniveau erfasst. Ebenso wurde *Podon* spp. nicht in Arten aufgeschlüsselt. Dahinter verbergen können sich: *Podon intermedius*, *Pleopsis polyphemoides*, *Podon leuckartii* und *Polyphemus pediculus*. Die Copepoden *Pseudocalanus* spp. (Clausocalanidae) und *Paracalanus parvus* (Paracalanidae) können nur ab dem Copepodit-IV-Stadium mikroskopisch unterschieden werden. Daher wurden für die Bestimmung der Abundanz der Copepodit-Stadien I-III (C I-III) und der Nauplius-Stadien die Anteile der gefundenen Copepodit-Stadien IV+V (C IV+V) sowie die der Adulti als Basis genutzt. *Acartia*-Arten können mikroskopisch erst im Adulti-Stadium sicher bestimmt werden. Daher wurden die Abundanzen aller Copepodit-Stadien, sowohl C I-III als auch C IV+V, grundsätzlich als *Acartia* spp. angegeben, ebenso wie die Nauplien.

Für die Analyse der Abundanz wurde wegen der überwiegend geringen Individuendichten auf die Vorgaben bei der HELCOM-Standardmethode (Nutzung von Unterproben mit Bestimmung und Zählung einer Mindestanzahl von 600 Individuen pro Probe und mind. 100 Tiere der 3 häufigsten Taxa) verzichtet und stattdessen jeweils unabhängig von einer Mindestanzahl pro Taxon bzw. taxonomischer Gruppe die komplette Probe ausgewertet. Eine Ausnahme bildete die Septemberprobe an der Station Unterwarnow, bei der die Vertreter der Rotifera in Anbetracht ihrer extrem hohen Individuendichte in maximal 6 ml der 100 ml Probe bestimmt und gezählt wurden. Die tatsächliche Individuendichte wurde dann extrapoliert. Für alle anderen Taxa wurde diese Probe ebenfalls komplett ausgewertet. Die Berechnung der Abundanzen (Individuen m^{-3}) erfolgte unter Berücksichtigung des jeweils ursprünglich beprobten Wasservolumens.

Die Vermessung der Individuen erfolgte nach Vorschriften aus Postel et al. (2007). Für die Bestimmung einer mittleren Körperlänge wurden maximal 20 Tiere pro

Taxa bzw. taxonomischer Gruppe sowie deren Entwicklungsstadien vermessen. Dabei wurde darauf geachtet, dass nur solche Individuen vermessen wurden, deren Körper nicht durch die Probenahme, -lagerung und/bzw. -behandlung verformt waren.

Für die Berechnung der Biomasse - hier definiert als Kohlenstoffgehalt - der gefundenen Zooplanktontaxa wurde wegen des Erreichens einer höheren Genauigkeit und somit der Vermeidung von Über- bzw. Unterschätzung, eine Kombination aus der Nutzung von Längen-Kohlenstoff-Regressionen und Biomassefaktoren verwendet (Postel et al. 2007). Zur Berechnung wurden jeweils die Mittelwerte der individuellen Körperlängen der Individuen genutzt. Die Biomasseberechnung der nicht näher bestimmbaren Nauplien, bei denen es sich überwiegend um das erste oder zweite Entwicklungsstadium handelte, wurde ausschließlich mittels Umrechnungsfaktor durchgeführt. Hierbei wurde ein Mittelwert aller vorhandenen Umrechnungsfaktoren für Nauplien verwendet, jedoch ohne die Nauplien von *Temora longicornis* und *Para-/Pseudocalanus* spp. zu berücksichtigen, da sich diese generell durch einen im Vergleich zu den insgesamt vorhandenen Arten unverhältnismäßig hohen Kohlenstoffgehalt auszeichnen. Um die Gesamtbiomasse der Polychaeta nicht zu überschätzen, wurden gegebenenfalls vorkommende sehr junge Entwicklungsstadien der Polychaeten (Trochophora und Metatrochophora) als Extrakategorie gelistet und somit gezählt (Abundanz), jedoch nicht in die Berechnung der Biomasse integriert. Weitere Umrechnungsfaktoren für im Untersuchungsgebiet regelmäßig vorkommende Zooplanktonvertreter wurden aus den folgenden Publikationen entnommen: Putt & Stocker (1989) für Tintinnidae und Uye et al. (2002) für Harpacticoida. Keine geeigneten Umrechnungsfaktoren konnten für Ostracoda, *Diaphanosoma* sp. (Vertreter der Cladocera), Foraminifera, Nematoda sowie Larven der Echinodermata gefunden werden, daher fehlt jeweils deren Anteil an der Gesamtbiomasse. Da es sich bei den genannten Taxa bzw. taxonomischen Gruppen jedoch nicht um solche die Zooplanktongemeinschaft dominierende Vertreter handelte, war dies akzeptabel und führte zu interpretierbaren Ergebnissen.

2.3.4 Nährstoffe

Die Konzentrationen der gelösten Nährstoffe wurden über photometrische Messungen mit Standardmethoden der kontinuierlichen Flussanalyse („Continuous Flow Analysis“) (Grasshoff 1999, Seal 2008) im Labor ermittelt. Dabei wurde ein SEAL AutoAnalyzer III-System eingesetzt.

Der Aufschluss der Proben für die Bestimmung von Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor erfolgte unmittelbar vor der Messung im Labor und wurde mittels oxidativem Druckaufschluss mit Kaliumperoxodisulfat im Autoklaven durchgeführt (Grasshoff 1999). Die aufgeschlossenen Proben wurden anschließend als Nitrat und Phosphat photometrisch in einem AutoAnalyzer-III-System gemessen.

2.3.5 Trockenmassen

Zur Analyse der Trockenmassen wurden die eingefrorenen Filter aufgetaut und 6 Stunden bei 60 °C im Trockenschrank getrocknet. Bis zum Auswiegen wurden die Filter im Exsikkator aufbewahrt. Aus der Differenz der Filtergewichte (belegt und leer) sowie des filtrierte Wasservolumens erfolgte die Berechnung der Konzentrationen.

3 Untersuchungsergebnisse Phytoplankton

3.1 Sichttiefe (Secchi-Tiefe)

Die Sichttiefe gibt einen Anhaltspunkt über die Mächtigkeit der euphotischen Zone, das ist derjenige Bereich der oberen Wasserschichten, in denen für Pflanzen Photosynthese möglich ist (siehe auch Ausführungen in Kapitel 2.2 zur Sichttiefe). Die Sichttiefe ist insbesondere von der Menge im Wasser vorhandener partikulärer Stoffe abhängig. Neben mineralischen Bestandteilen gehören dazu auch die Phyto- und Zooplanktonorganismen. Eine hohe Phytoplanktonbiomasse führt zu einer geringeren Sichttiefe. Es kommt zu einer Selbstbeschattung, so dass eine positive Photosynthesebilanz nur noch bis zu geringeren Wassertiefen möglich ist.

In Bereichen mit geringer Wassertiefe, wie sie im Untersuchungsgebiet an den Stationen B1 und UW vorliegen, kann es bei geringen Partikelkonzentrationen vorkommen, dass der Grund des Gewässers sichtbar und damit die Sichttiefe im Sinne der Definition nicht bestimmbar ist. In diesen Gebieten ist in der gesamten Wassersäule Photosynthese für das Phytoplankton möglich, weil genügend Licht bis zum Grund vordringt.

In Abbildung 2 sind die Secchi-Tiefen in Form eines Säulendiagramms dargestellt, um die unterschiedliche Entwicklung an den verschiedenen Stationen im Verlauf der Monate zu zeigen. Die Wassertiefe an der äußeren Seekanal-Station (SK2) betrug 15,0 m. Die größten Sichttiefen dort wurden im April 2016 mit 6,0 m und im September 2016 mit 5,5 m bestimmt. In den Sommermonaten Juni und Juli 2016 lag die Secchi-Tiefe mit 5,0 m etwas darunter und erreichte im August ein Minimum von 4,5 m.

Die innere Seekanal-Station (SK1) und die Breitling-Station B2 wiesen mit 14,6 m vergleichbare Wassertiefen auf, aber die gemessenen Secchi-Tiefen lagen z.T. deutlich unter denen an der äußeren Seekanal-Station. Im August 2016 wurde mit 4,5 m die größte Secchi-Tiefe an beiden Stationen ermittelt. Im Mai, Juli und September wurde an der inneren Seekanal-Station eine Sichttiefe von 3,5 m bestimmt, während sie im April bei 3,0 m lag und im Juni 2016 ein Minimum von nur 2,5 m aufwies. Die Breitling-Station B2 zeigte einen abweichenden Verlauf der Secchi-Tiefen im Vergleich zur Station SK1. Hier wurde im August 2016 zwar mit 4,5 m ebenfalls die größte Secchi-Tiefe ermittelt, aber in den anderen Monaten lagen die gemessenen Sichttiefen unter denen an der Station SK1. Die geringste Secchi-Tiefe wurde im Juli 2016 mit nur 1,5 m bestimmt und fiel mit hohen Chlorophyll-a-Gehalten zusammen. In den übrigen Monaten schwankte die Secchi-Tiefe zwischen 2,0 und 3,0 m, zeigte aber keinen klaren Zusammenhang mit den Chlorophyll-a-Gehalten.

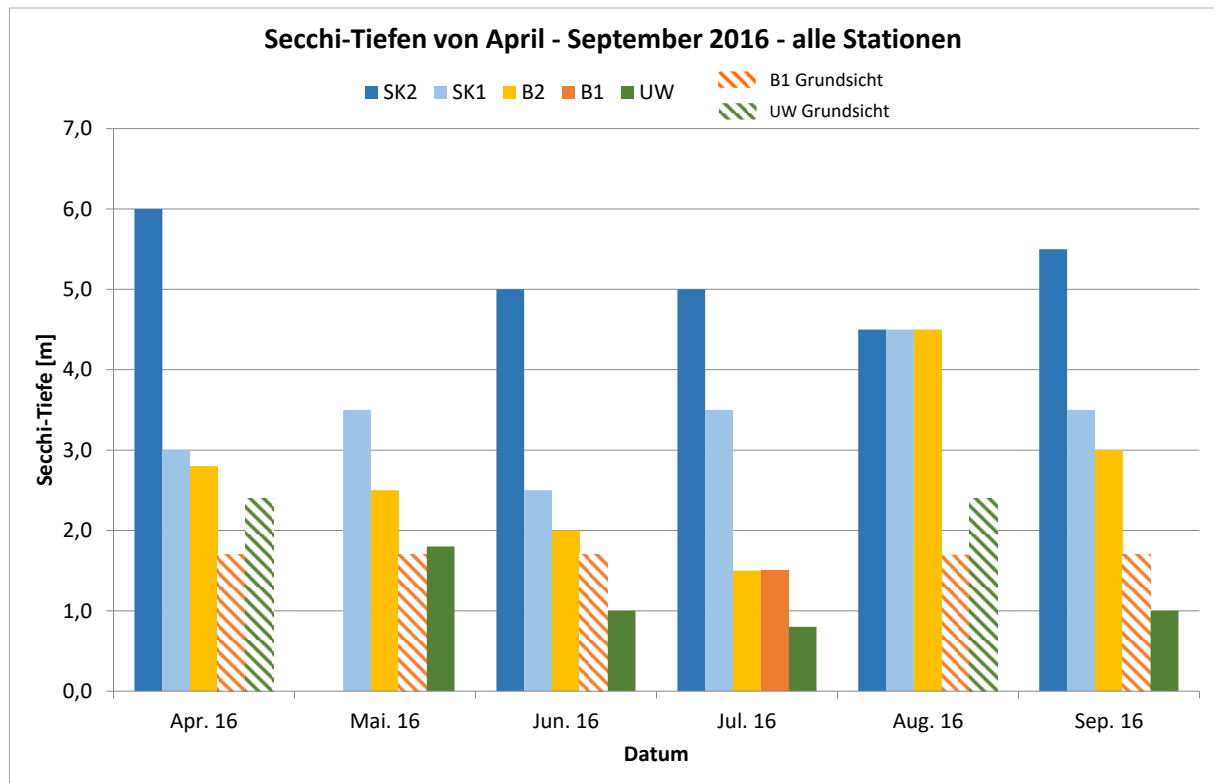


Abbildung 2: Secchi-Tiefen an allen Stationen im Untersuchungszeitraum von April bis September 2016.

An der Station B1 lag in fünf von sechs Monaten Grundsicht vor (Abbildung 2). Die Tiefe, in der aufgrund der vorhandenen Partikelkonzentration im Wasser noch ca. 16 % des Oberflächenlichtes ankommen würde („Sichttiefe“), wäre größer gewesen, als die Wassertiefe. Lediglich im Juli 2016 betrug die Secchi-Tiefe an dieser Station mit 1,5 m aufgrund erhöhter Partikelkonzentration etwas weniger als die gesamte Wassertiefe. Aufgrund der bereits beschriebenen Definition, dass bis zur doppelten Sichttiefe eine positive Bilanz der Photosynthese möglich ist, erstreckte sich aber auch zu diesem Zeitpunkt dort die euphotische Zone über die gesamte Wassersäule bis zum Grund.

An der Unterwarnow-Station UW lag nur im April und August 2016 mit 2,4 m Grundsicht vor, während in den übrigen Monaten, verursacht durch höhere Konzentrationen an Partikeln, Sichttiefen zwischen 0,8 und 1,8 m ermittelt wurden. Insbesondere im Juni, Juli und September korrelierten diese Werte mit größeren Phytoplanktonbiomassen, die dazu führten, dass knapp über Grund keine positive Photosynthesbilanz mehr möglich war (doppelte Sichttiefe).

Minimale Secchi-Tiefen wurden für die Breitling-Stationen B1, B2 und die Unterwarnow-Station UW im Juli 2016 gemessen, während minimale Werte für die Station SK1 im Juni und an der Station SK2 im August 2016 gemessen wurden.

3.2 Chlorophyll-a und Phaeopigmente

In Abbildung 3 sind die Chlorophyll-a- und Phaeopigmentgehalte aller Stationen über das jeweils integrierte Tiefenintervall von 0 bis maximal 6 m für die monatlichen Probenahmen von April bis September 2016 dargestellt.

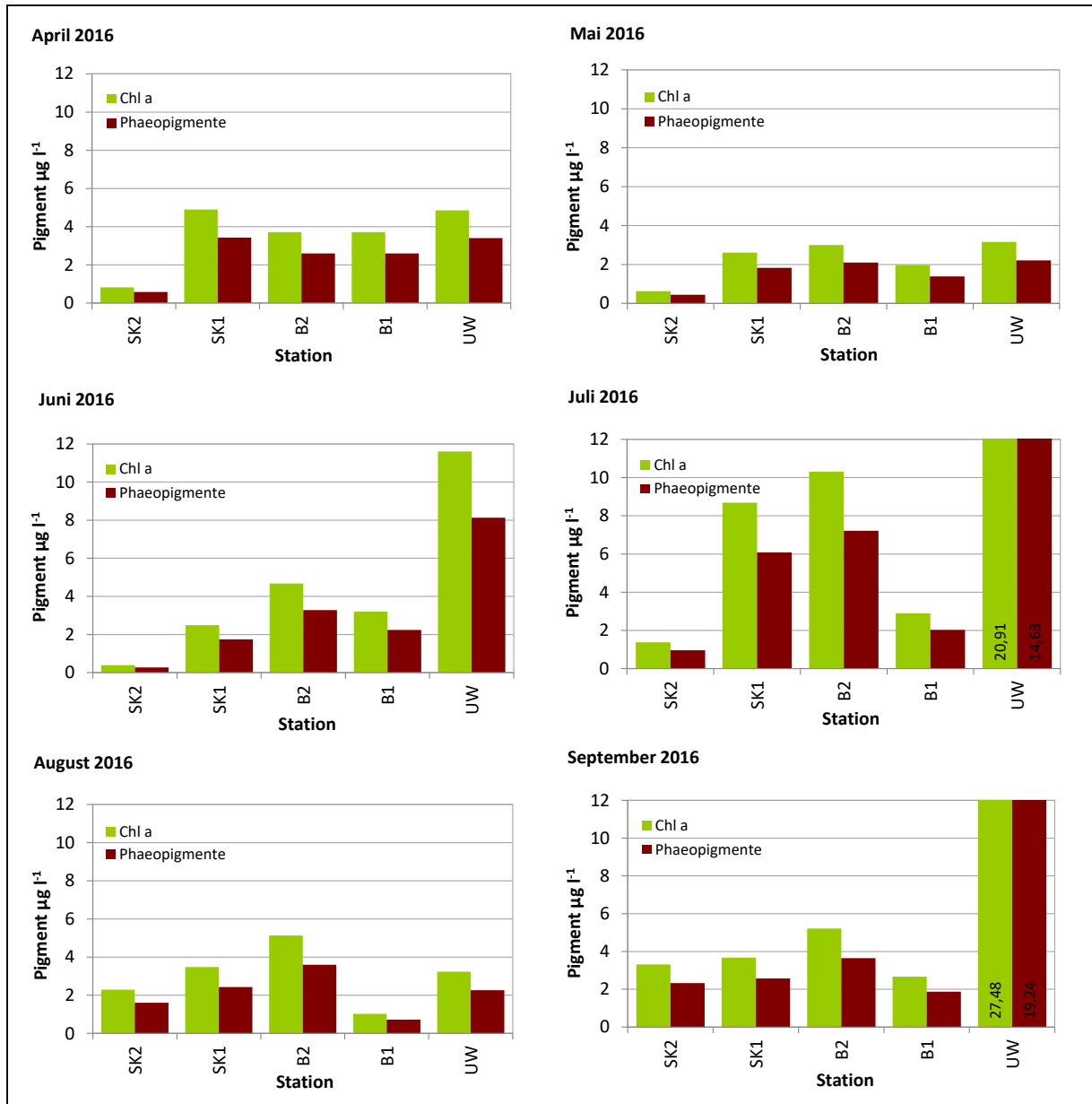


Abbildung 3: Von 0 bis max. 6 m integrierte Chlorophyll-a- und Phaeopigmentgehalte der monatlichen Probenahme zwischen April und September 2016 an allen Stationen.

Im gesamten Zeitraum lagen die Chlorophyll-a-Konzentrationen dabei zwischen 0,39 und 28,47 µg l⁻¹. Die höchsten Konzentrationen wurden in den Monaten Juli und September 2016 an der Station Unterwarnow (UW) gemessen. Die äußere

Seekanal-Station (SK2) wies mit Werten zwischen 0,39 und 3,32 $\mu\text{g l}^{-1}$ die geringsten Chlorophyll-a-Gehalte auf, während die Gehalte an der inneren Seekanal-Station (SK1) zwischen 2,49 und 8,69 $\mu\text{g l}^{-1}$ lagen. Im Monatsvergleich waren die Chlorophyll-a-Konzentrationen einheitlich im Mai und Juni 2016 am geringsten, während die höchsten Gehalte in den Monaten Juli und September 2016 gemessen wurden. Eine Ausnahme stellte die flache Breitling-Station (B1) dar. Hier wurden die geringsten Chlorophyll-a-Gehalte im August 2016 und die höchsten Konzentrationen im April 2016 gemessen.

Die Phaeopigment-Gehalte zeigten einen sehr ähnlichen Verlauf und lagen im gesamten Zeitraum zwischen 0,27 und 20 $\mu\text{g l}^{-1}$. Die höchsten Phaeopigment-Gehalte wurden analog zu den Chlorophyll-a-Gehalten in den Monaten Juli und September 2016 mit 14,63 und 19,24 $\mu\text{g l}^{-1}$ an der Station Unterwarnow gemessen. Die geringsten Phaeopigment-Konzentrationen traten an der äußeren Seekanal-Station SK2 mit Werten zwischen 0,27 und 2,32 $\mu\text{g l}^{-1}$ auf. Die Gehalte an der inneren Seekanal-Station SK1 lagen zwischen 1,74 und 6,08 $\mu\text{g l}^{-1}$ und damit im Durchschnitt um das Dreifache höher als an der Station SK2.

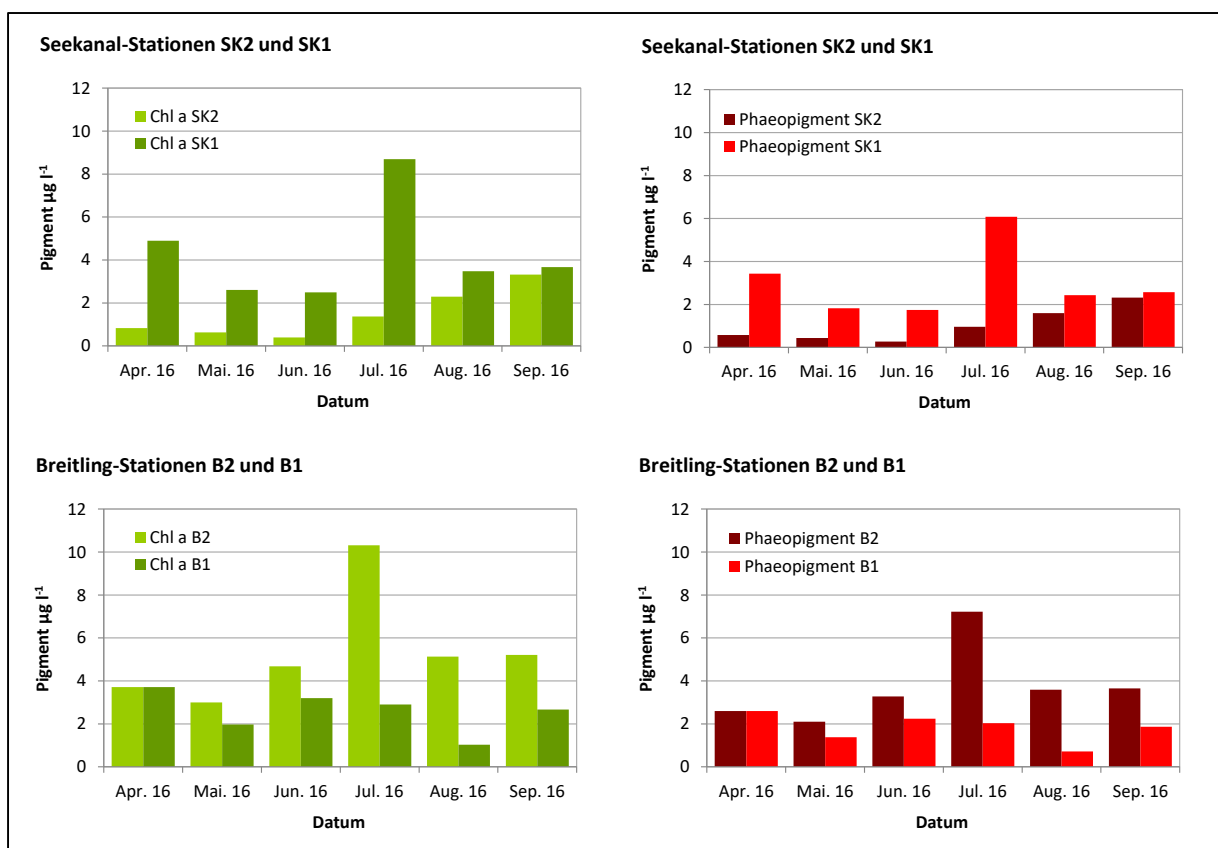


Abbildung 4: Chlorophyll-a- und Phaeopigmentgehalte über den gesamten Beprobungszeitraum von April bis September 2016 jeweils für die beiden Seekanal- und Breitling-Stationen im direkten Vergleich

In Abbildung 4 sind die Chlorophyll-a- und Phaeopigment-Gehalte der Seekanal- und Breitling-Stationen jeweils direkt nebeneinander dargestellt, um die Unterschiede zu verdeutlichen. Bei den Seekanal-Stationen waren die Unterschiede zwischen SK2 und SK1 in den Monaten April und Juli 2016 besonders groß, während sich die Gehalte in den Monaten August und September annäherten. Dies galt für Chlorophyll-a- und Phaeopigment-Gehalte gleichermaßen. Im Breitling-Gebiet waren die Pigment-Gehalte an der tieferen B2-Station über den gesamten Beprobungszeitraum höher als an der flachen B1-Station. Die größten Unterschiede wurden in den Monaten Juli, August und September gemessen, während im April 2016 identische Konzentrationen ermittelt wurden.

An der Station Unterwarnow (UW) wurden die höchsten Pigment-Gehalte aller Stationen gemessen (Abbildung 3). Das Maximum wurde im September 2016 mit Gehalten von 27,48 µg l⁻¹ Chlorophyll-a und 19,24 µg l⁻¹ Phaeopigment ermittelt. Aber auch im Juli 2016 wurden Chlorophyll-a-Gehalte von mehr als 20 µg l⁻¹ bestimmt.

3.3 Artenzusammensetzung

Insgesamt wurden während der Untersuchungen im Jahr 2016 in der Unterwarnow, dem Breitling und dem Seekanal 185 verschiedene Taxa beim Phytoplankton gefunden. In Tabelle 3 ist auf Ebene der Gattungen innerhalb der Stämme das Vorkommen an allen fünf Stationen während der unterschiedlichen Beprobungen halbquantitativ auf Grundlage der Individuendichten (Abundanzen) farblich dargestellt.

Tabelle 3: Halbquantitatives Vorkommen anhand der Abundanzen der verschiedenen Taxa (auf Gattungsniveau innerhalb der Stämme) an den fünf beprobten Stationen zwischen April und September 2016. ■: vereinzelt < 10.000 Ind./l, ■: mäßig 10.000 bis 100.000 Ind./l, ■: häufig 100.000 bis 500.000 Ind./l, ■: sehr häufig 500.000 bis 2 Mio. Ind./l, ■: dominant > 2 Mio. Ind./l.

Station	B 1					B 2					SK 1					SK 2					UW															
Monat	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9						
Stamm: Charophyta																																				
<i>Closterium</i>																																				
<i>Elakatothrix</i>																																				
Stamm: Chlorophyta (Grünalgen)																																				
<i>Actinastrum</i>																																				
<i>Chlamydomonas</i>																																				
<i>Chlorella</i>																																				
<i>Coelastrum</i>																																				
<i>Crucigenia</i>																																				
<i>Cymbomonas</i>																																				
<i>Desmodesmus</i>																																				
<i>Dictyosphaerium</i>																																				
<i>Gonium</i>																																				

Station	B 1					B 2					SK 1					SK 2					UW								
	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8
<i>Kirchneriella</i>																													
<i>Koliella</i>	Green						Green	Blue						Blue											Yellow				
<i>Monoraphidium</i>	Green		Blue	Blue			Green	Blue	Blue	Blue			Blue	Blue	Blue									Blue			Green	Yellow	
<i>Oocystis</i>	Green																							Green					
<i>Pandorina</i>	Blue																											Green	
<i>Pediastrum</i>	Blue							Blue															Blue			Blue	Blue	Blue	
<i>Pseudoscurfieldia</i>	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
<i>Pterosperma</i>	Yellow	Yellow	Yellow					Yellow	Yellow				Yellow	Green			Yellow						Yellow		Yellow	Green	Green	Green	Green
<i>Scenedesmus</i>	Green						Green	Blue	Blue	Green	Blue												Orange			Green	Blue	Green	Yellow
<i>Tetraedron</i>							Blue																Blue						
<i>Tetraselmis</i>	Yellow	Orange	Orange		Yellow		Red	Yellow	Yellow		Orange	Yellow	Green	Orange	Yellow		Yellow						Green	Green	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Yellow
<i>Tetrastrum</i>	Green																												
<i>Treubaria</i>																											Green		
Stamm: Cryptophyta																													
<i>Cryptomonas</i>			Blue																										
<i>Hemiselmis</i>	Orange	Yellow	Orange	Red	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Yellow					Yellow	Orange	Yellow	Orange	Red	Orange	Yellow	Red	Red
<i>Katablepharis</i>	Green								Green	Green			Green		Green							Green	Yellow	Green	Green				
<i>Plagioselmis</i>	Orange	Orange	Red	Yellow	Orange	Red	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Yellow					Green	Orange	Orange	Orange	Green	Orange	Red		Orange
<i>Teleaulax</i>	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Green			Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow					Yellow	Green	Yellow			Yellow	Orange	Yellow	
Stamm: Cyanobacteria (Blaualgien)																													
<i>Anabaena</i>							Green		Blue	Green			Blue	Green		Blue				Blue	Blue	Green	Yellow	Blue			Yellow	Green	
<i>Aphanizomenon</i>	Blue						Blue	Blue	Blue	Blue	Blue			Blue	Blue	Blue					Blue	Blue	Green	Blue	Blue	Blue		Blue	Blue
<i>Aphanocapsa</i>												Green	Red									Red	Yellow	Red					
<i>Aphanothece</i>													Red	Red									Red	Yellow	Red				
<i>Coelosphaerium</i>				Red									Red	Red									Red						
<i>Cyanodictyon</i>																							Red	Yellow					
<i>Limnothrix</i>	Green							Green														Yellow				Yellow			
<i>Merismopedia</i>	Yellow																										Green		
<i>Nodularia</i>										Blue													Blue	Blue					Blue
<i>Planktolyngbya</i>	Green		Blue	Blue			Green						Blue	Blue								Green		Blue		Yellow		Blue	
<i>Planktothrix</i>							Blue															Blue							
<i>Romeria</i>							Green						Red														Red		
<i>Snowella</i>																								Orange	Orange				
<i>Synechococcus</i>																							Yellow						
Stamm: Dinophyta (Dinoflagellaten, Panzergeißler)																													
<i>Akashiwo</i>											Blue	Blue																	Blue
<i>Alexandrium</i>		Blue																				Blue	Blue	Blue	Blue				Blue
<i>Amphidinium</i>																							Green						
<i>Dinophysis</i>							Blue															Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
<i>Diplopsalis (Group)</i>	Blue	Green	Green	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
<i>Glenodinium</i>	Blue																							Blue					
<i>Gymnodinium</i>	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
<i>Gyrodinium</i>		Blue	Blue				Blue															Blue				Blue			Blue
<i>Heterocapsa</i>	Orange	Orange	Orange		Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Green	Yellow	Red	Yellow	Orange		Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Red	Yellow	Red	
<i>Katodinium</i>	Blue						Blue																Blue			Blue			
<i>Micracanthodinium</i>																													
<i>Nematodinium</i>																													
<i>Nematopsisides</i>																							Green						
<i>Oblea</i>																													
<i>Polykrikos</i>							Blue																						Green

Station	B 1						B 2						SK 1						SK 2						UW					
Monat	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9
<i>Prorocentrum</i>				■	■	■	■	■	■	■	■					■	■	■										■	■	
<i>Protoceratium</i>																														
<i>Protoperidinium</i>			■							■	■				■	■											■	■		
<i>Pyrophacus</i>				■							■																		■	
<i>Sclerodinium</i>									■																					
<i>Scrippsiella</i>																													■	
<i>Tripos</i>				■	■																								■	
Stamm: Euglenozoa (Augentierchen)																														
<i>Eutreptia</i>																														
<i>Eutreptiella</i>	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
<i>Trachelomonas</i>				■																									■	
Flagellates																														
unbestimmt	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Stamm: Ochrophyta																														
<i>Achnanthes</i>			■	■																										
<i>Actinocyclus</i>																														
<i>Amphora</i>			■																											
<i>Apedinella</i>																														
<i>Asterionella</i>	■																													
<i>Aulacoseira</i>																														
<i>Bacillaria</i>				■	■	■																								
<i>Cerataulina</i>					■	■																								
<i>Chaetoceros</i>			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
<i>Coscinodiscus</i>				■	■	■																								
<i>Cyclotella</i>	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
<i>Cylindrotheca</i>			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
<i>Cymbella</i>																														
<i>Dactyliosolen</i>																														
<i>Diatoma</i>																														
<i>Dictyocha</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
<i>Dinobryon</i>				■																										
<i>Diploneis</i>				■																										
<i>Ditylum</i>																														
<i>Entomoneis</i>																														
<i>Fragilaria</i>	■																													
<i>Guinardia</i>																														
<i>Gyrosigma</i>	■		■	■	■																									
<i>Heterosigma</i>																														
<i>Leptocylindrus</i>																														
<i>Licmophora</i>				■																										
<i>Melosira</i>																														
<i>Navicula</i>	■	■	■	■	■	■																								
<i>Nitzschia</i>			■	■	■	■																								
<i>Pauliella</i>																														
<i>Pinnularia</i>				■																										
<i>Proboscia</i>	■																													
<i>Pseudochattonella</i>				■	■																									
<i>Pseudo-nitzschia</i>	■																													
<i>Pseudopedinella</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
<i>Pseudosolenia</i>																														

Station	B 1						B 2						SK 1						SK 2						UW					
Monat	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9
<i>Rhizosolenia</i>																														
<i>Skeletonema</i>																														
<i>Stauroneis</i>																														
<i>Stephanodiscus</i>																														
<i>Synedra</i>																														
<i>Thalassionema</i>																														
<i>Thalassiosira</i>																														
Stamm: Telonemia																														
<i>Telonema</i>																														

Charophyta

Aus diesem Stamm kamen lediglich zwei Vertreter in geringen Mengen sporadisch vor: die zu den Zieralgen (Desmidiaceae) zählende Art *Closterium limneticum* sowie *Elakatothrix genevensis*, die zu den Klebsormidiophyceae gehört.

Chlorophyta

Grünalgen aus vier verschiedenen Klassen kamen an allen Stationen während der gesamten Beprobungskampagne vor. Die größte Diversität dieser Gruppe war vor allem im Frühjahr zu finden. Durchgehend an allen Stationen und Terminen kam dabei die zur Klasse der Pyramimonadophyceae gehörende Art *Pseudoscourfieldia marina*, ein ca. 3 µm großer Flagellat, mit hohen Abundanzen vor. Weiter oft häufig vorkommende Gattungen waren *Chlamydomonas*, *Pterosperma* und *Tetraselmis*. Sporadisch in höheren Mengen wurden *Crucigenia*, *Cymbomonas*, *Desmodesmus*, *Monoraphidium* und *Scenedesmus* gefunden.

Cryptophyta

Drei der fünf erfassten Gattungen bei den Cryptophyta kamen fast durchgängig mit großen Abundanzen vor: *Hemiselmis*, *Plagioselmis* und *Teleaulax*.

Cyanobacteria

Blaualgen traten mit einer Reihe von Gattungen im Untersuchungsgebiet auf, wobei deren Verbreitungsschwerpunkt deutlich an den beiden Stationen im Seekanal (SK1 und SK2) lag. Dort wurden insbesondere von kleinen kokkalen Formen wie *Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Coelosphaerium*, *Romeria* und *Snowella* im Frühjahr und Frühsommer hohe Abundanzen erreicht. Aber auch fädige Formen wie *Anabaena*, *Aphanizomenon* und *Planktolyngbya* kamen in geringeren Dichten vor.

Dinophyta

Die Dinoflagellaten zeigten während der gesamten Untersuchungsperiode ebenfalls eine größere Artenvielfalt. Deutlich dominierend waren dabei zwei Arten der Gattung *Heterocapsa*, *H. rotundata* und *H. triquetra*, die während der gesamten Periode in großen Mengen vorkamen. Verschiedene *Gymnodinium*-Arten sowie Vertreter der Gattungsgruppe *Diplopsalis* wurden ebenfalls während des gesamten

Zeitraums an allen Stationen gefunden. Verschiedene *Prorocentrum*-Arten, insbesondere *P. cordatum*, bildeten vor allem an den inneren Stationen teilweise größere Bestände.

Euglenozoa

Die Gruppe der Augentierchen wird in verschiedenen taxonomischen Systemen unterschiedlich behandelt. Da etwa die Hälfte der Vertreter autotroph und die andere Hälfte heterotroph ist, wird dieser Verwandtschaftskreis manchmal zu den Tieren (Euglenozoa) oder zu den Pflanzen (Euglenophyta) gestellt. Während der hier durchgeführten Untersuchung wurden insbesondere mehrere *Eutreptiella*-Arten nahezu durchgängig auch in höheren Mengen gefunden.

Flagellates

In dieser Gruppe wurden die meist kleiner als 5 µm großen Flagellaten zusammengefasst, die mit der mikroskopischen Routinemethode nicht näher bestimmt werden konnten. Diese kleinsten Vertreter der Gemeinschaft waren fast immer in großer Zahl zwischen 2 und 20 Mio. Individuen pro Liter vertreten.

Ochromphyta

Zum Stamm der Ochromphyta gehören neben den Klassen der Chrysophyceae (Goldalgen), Dictyochophyceae und Raphidophyceae insbesondere die Diatomeen (Kieselalgen), die aktuell in drei Klassen aufgeteilt werden. Diatomeen waren im gesamten Untersuchungszeitraum in großer Vielfalt vertreten, meist kamen die Arten jedoch nur in geringer Anzahl sporadisch an verschiedenen Stationen vor. Verschiedene Arten der Gattung *Chaetoceros* sowie *Cyclotella* waren dagegen regelmäßig auch in größeren Mengen zu finden. *Skeletonema*, *Stephanodiscus* und *Synedra* traten vereinzelt auch mal mit höheren Abundanzen auf. Daneben bildeten die beiden Dictyochophyceae *Dictyocha speculum* und *Pseudopedinella pyriformis* nahezu durchgängig größere Bestände.

Telonemia

Die Gattung *Telonema* aus dieser „unklaren“ taxonomischen Gruppe kam mäßig bis häufig vereinzelt vor.

3.4 Abundanzen

In den folgenden Abschnitten werden die Abundanzen der Phytoplanktonlebensgemeinschaften getrennt nach Stationen dargestellt.

3.4.1 Station Unterwarnow (UW)

Die während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode erfassten Individuendichten des Phytoplanktons an der südlichen Station Unterwarnow sind in Abbildung 5 auf Basis der unterschiedlichen Stämme bzw. Gruppen dargestellt.

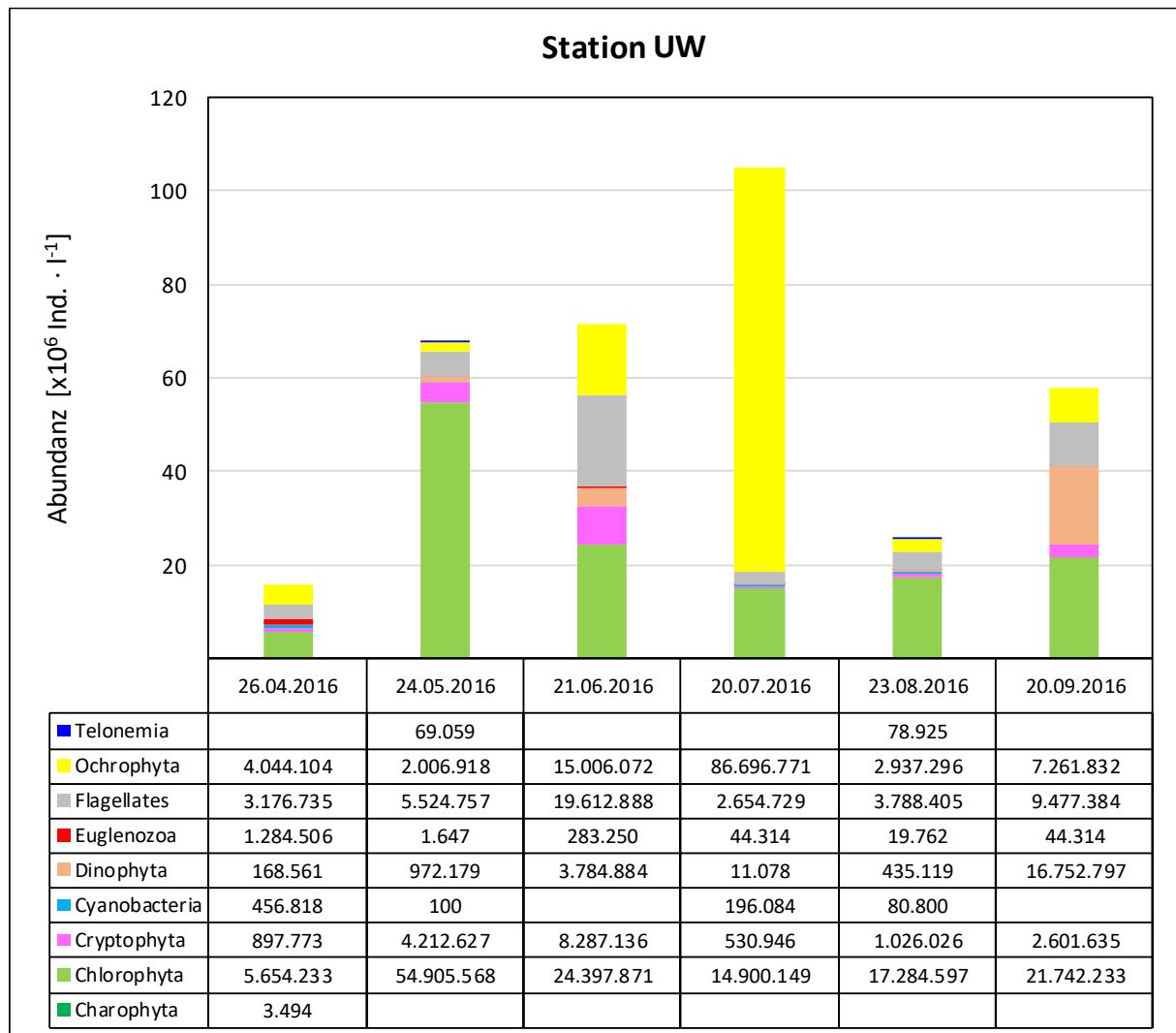


Abbildung 5: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station Unterwarnow (UW).

Im Frühjahr Ende April war die Abundanz mit ca. 16 Mio. Zellen pro Liter noch relativ gering. Bei den Chlorophyta war es vor allem die Art *Pseudoscurfieldia marina* (Pyramimonadophyceae), die mit fast 5 Mio. Zellen pro Liter den Hauptanteil ausmachte. Bei den Ochrophyta waren es verschiedene Arten der Diatomeen sowie zwei Dictyochophyceae, die höhere Dichten bildeten. Außerdem kamen kleine, nicht näher bestimmte Flagellaten in größerer Zahl vor.

Der deutliche Anstieg der Abundanz auf fast 68 Mio. Zellen pro Liter Ende Mai war in der Hauptsache zurückzuführen auf die mit ca. 54 Mio. Zellen pro Liter enorm hohen Mengen der Art *Pseudoscurfieldia marina* innerhalb der Chlorophyta.

Im Juni war die Gesamtabundanz etwa gleich hoch. Die Dichte von *Pseudoscurfieldia marina* war mit ca. 23 Mio. Zellen pro Liter jedoch gegenüber dem Vormonat deutlich gesunken. Stattdessen hatte sich die Zahl der Cryptophyta, Ochrophyta

und kleinen Flagellaten erhöht. Auch Dinoflagellaten wurden in nennenswerten Anteilen gefunden.

Im Juli gab es eine weitere Erhöhung der Gesamtdichte auf über 105 Mio. Zellen pro Liter. Den größten Anteil daran hatten zwei kleine Vertreter der Diatomeen aus der Gruppe der Ochrophyta, *Cyclotella choctawhatcheana* mit ca. 58 Mio. Zellen pro Liter und eine mit etwa 3 µm Durchmesser sehr kleine *Chaetoceros*-Art mit ca. 26 Mio. Zellen pro Liter.

Im August war die Phytoplanktongesellschaft relativ artenreich, die Abundanz dagegen war wieder deutlich zurückgegangen. Den größten Anteil verzeichnete nun wiederum *Pseudoscurfieldia marina* mit ca. 17 Mio. Zellen pro Liter.

Im September blieb die Populationsdichte von *Pseudoscurfieldia marina* mit ca. 22 Mio. Zellen pro Liter hoch. In diesem Monat bildete der Dinoflagellat *Heterocapsa triquetra* mit fast 16 Mio. Zellen pro Liter einen deutlichen Anteil an der Gesellschaft.

Cyanobacteria (Blaualgen) konnten an dieser südlichen Station während des Untersuchungszeitraumes im Jahr 2016 gar nicht oder lediglich in nicht nennenswerten Anteilen gefunden werden.

3.4.2 Station Breitling (B1)

Die Station B1 liegt am östlichen Rand des Breitlings im sehr flachen Gewässerbereich. Die ermittelten Abundanzen sind in Abbildung 6 dargestellt. Während aller sechs Beprobungstermine war *Pseudoscurfieldia marina* aus der Gruppe der Chlorophyta, die mit Abstand dominierende Art hinsichtlich der Individuendichte.

Während der ersten vier Monate bewegte sich die Gesamtabundanz auf ähnlichem Niveau zwischen ca. 35 und 45 Mio. Zellen pro Liter. Im August war die Dichte deutlich auf ca. 6 Mio. Zellen pro Liter gesunken, um im September wieder auf ca. 80 Mio. Zellen pro Liter anzusteigen.

Im April kamen verschiedene *Eutreptiella*-Arten aus der Gruppe der Euglenozoa in signifikanten Mengen vor. Cyanobacteria (Blaualgen) wurden an dieser Station lediglich im August in höheren Dichten gefunden, nahezu ausschließlich getragen von der Art *Coelosphaerium minutissimum*. Bei den Cryptophyta dominierten während des gesamten Zeitraumes vor allem die beiden Arten *Hemiselmis virescens* und *Plagioselmis prolunga*. Für die Gruppe der Ochrophyta waren es die gleichen Arten wie an der Station Unterwarnow, die die größten Anteile ausmachten, *Cyclotella choctawhatcheana* und die mit 3 µm Durchmesser sehr kleine *Chaetoceros*-Art. Außerdem kamen hier noch die beiden Dictyochophyceae *Dictyocha speculum* und *Pseudopedinella pyriformis* in nennenswerten Anteilen vor.

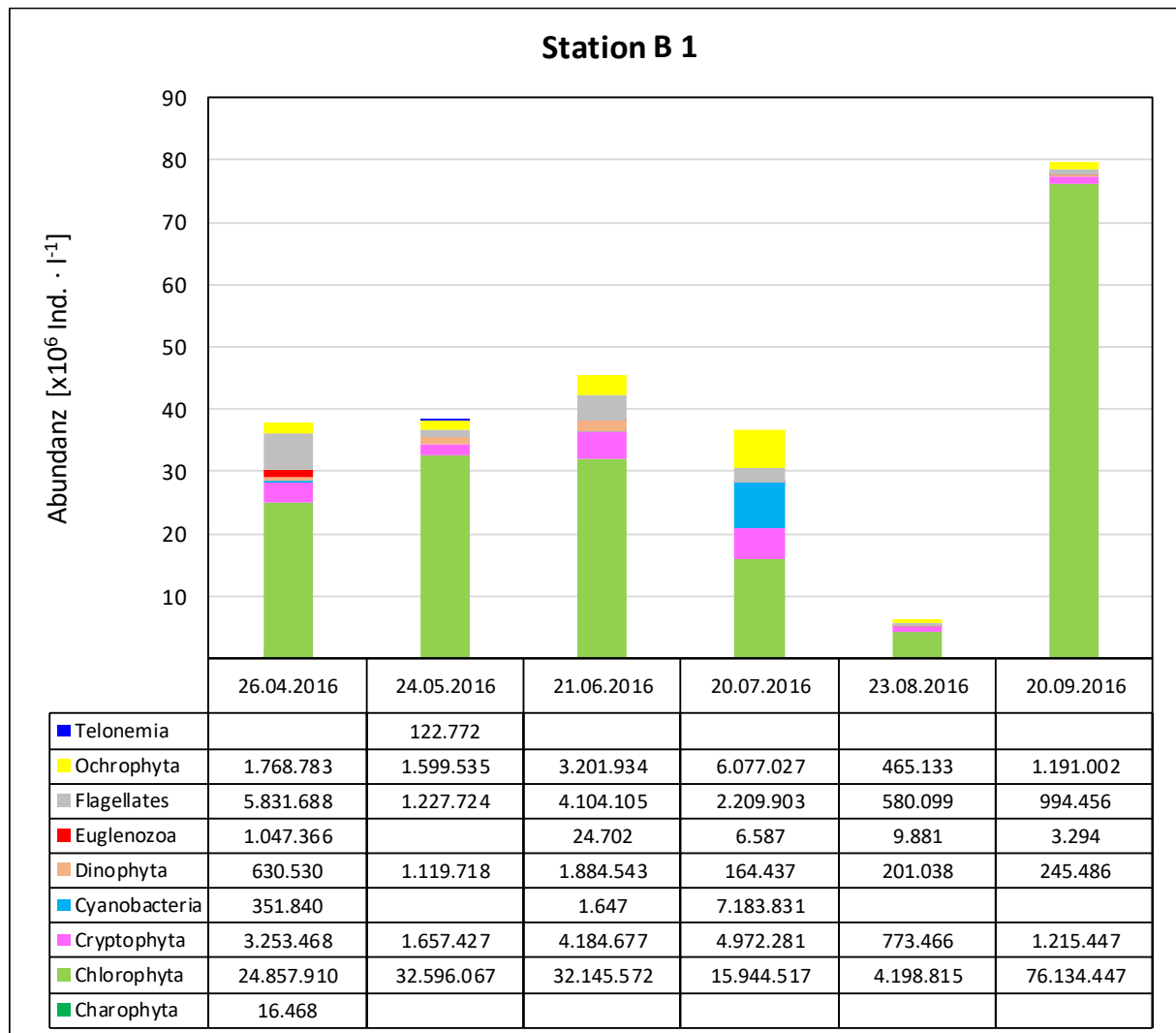


Abbildung 6: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im östlichen Breitling (B1).

3.4.3 Station Breitling (B2)

Die Gesamtabundanz an dieser südlich in der Fahrrinne des Breitlings gelegenen Station war in den Frühjahrsmonaten mit über 50 bzw. knapp 70 Mio. Zellen pro Liter relativ hoch (Abbildung 7). Bis zum August sank die Individuendichte dann kontinuierlich auf ca. 25 Mio. Zellen pro Liter, um im September wieder auf etwa 40 Mio. Zellen pro Liter leicht anzusteigen.

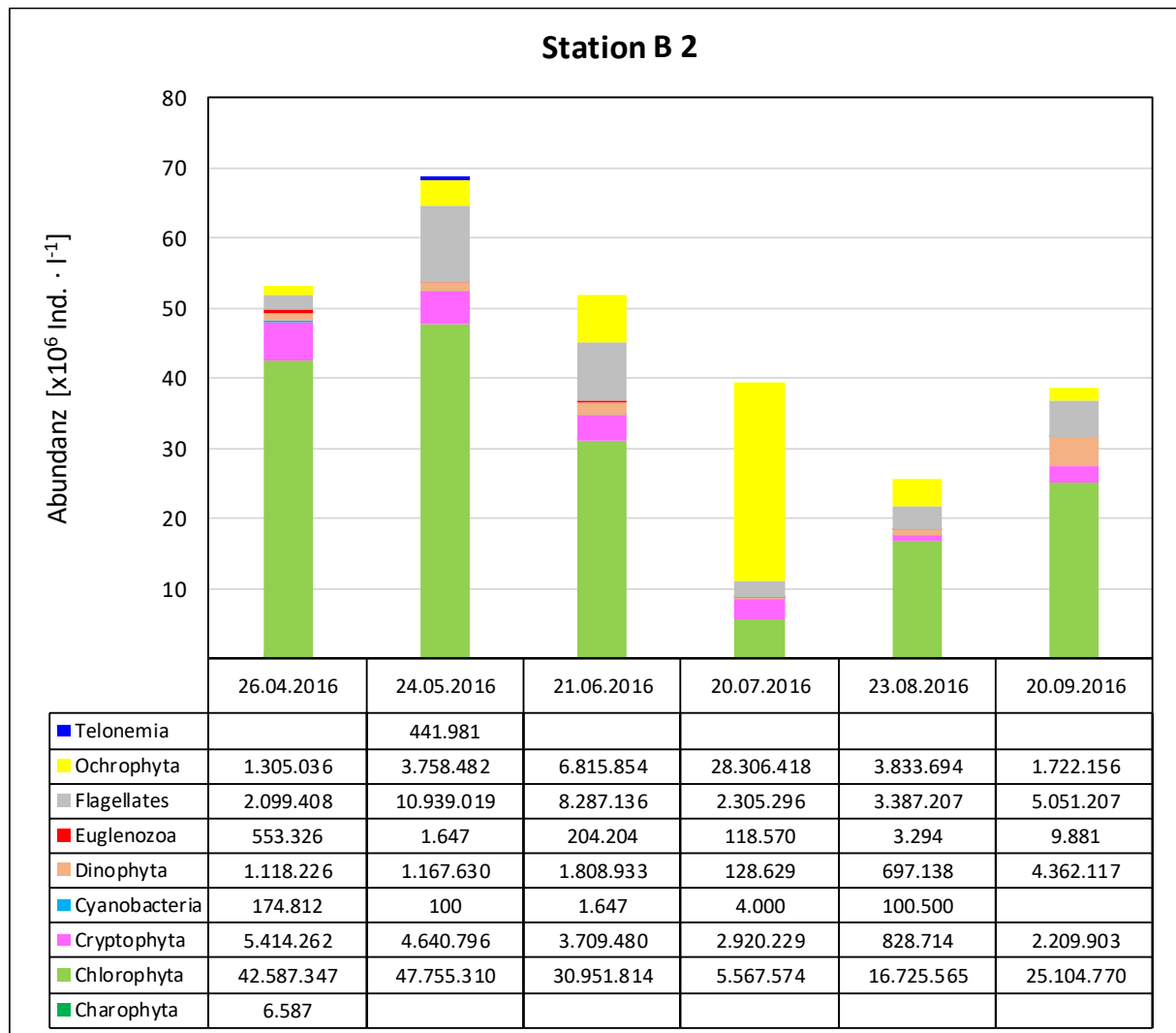


Abbildung 7: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im westlichen Breitling (B2).

Die anteilige taxonomische Zusammensetzung innerhalb der unterschiedlichen Gruppen unterschied sich nicht signifikant von den beiden bereits beschriebenen Stationen. Mit Abstand dominierend bei den Chlorophyta war *Pseudoscurfieldia marina* mit Abundanzen zwischen 5 und 45 Mio. Zellen pro Liter. Darüber hinaus trat in dieser Gruppe in den beiden ersten Monaten eine *Tatraselmis*-Art in größten Mengen auf.

Bei den Ochrophyta waren es wiederum *Cyclotella choctawhatcheeana* und die kleine *Chaetoceros*-Art, die dominierten und insbesondere im Juli mit ca. 15 bzw. 10 Mio. Zellen pro Liter große Bestände bildeten. Die Dictyochophyceae *Pseudopedinella pyriformis* machte mit knapp 3 Mio. Zellen pro Liter im Mai den größten Anteil an dieser Gruppe aus.

Die Cryptophyta wurden während des gesamten Zeitraumes auch an dieser Station vor allem von den beiden Arten *Hemiselmis virescens* und *Plagioselmis prolunga* dominiert.

Dinoflagellaten kamen mit einer Reihe von Arten vor, dominiert wurde diese Gruppe jedoch wiederum von den *Heterocapsa*-Arten, im Juni bildete *Heterocapsa rotundata* den größten Anteil, im September *Heterocapsa triquetra*.

Cyanobacteria (Blaualgen) spielten an dieser Station im Untersuchungszeitraum keine Rolle.

3.4.4 Station Seekanal innen (SK1)

Obwohl die Station SK1 im Seekanal noch deutlich im geschützten Bereich liegt, zeigten sich hier bezüglich der Abundanz und taxonomischen Zusammensetzung signifikante Unterschiede zu den bisher betrachteten Stationen in der Unterwarnow bzw. im Breitling. Damit ist dort schon der Einfluss des offenen Küstenwassers sichtbar. Die Individuendichten an dieser Station sind in Abbildung 8 dargestellt.

Im Gegensatz zu den beiden Stationen im Breitling gab es im April eine relativ geringe Gesamtabundanz. Mit ca. 11 Mio. Zellen pro Liter lag sie in diesem Monat ähnlich wie an der Station Unterwarnow. Mehr als die Hälfte der Zellzahlen wurde durch *Pseudoscourfieldia marina* aus der Gruppe der Chlorophyta verursacht. Auch Cryptophyta, insbesondere *Hemiselmis virescens* kamen in größeren Mengen vor.

Im Mai stieg die Individuendichte dann sprunghaft auf ca. 95 Mio. Zellen pro Liter an, wobei wiederum ein Anteil von fast 50 % durch *Pseudoscourfieldia marina* gestellt wurde. Darüber hinaus kamen im Gegensatz zu den inneren Stationen hier Cyanobacteria (Blaualgen) in Form einer *Aphanothece*-Art mit fast 35 Mio. Zellen pro Liter vor.

In den Folgemonaten sank die Abundanz kontinuierlich auf ein Level zwischen 20 bis 30 Mio. Zellen pro Liter zum Ende des Untersuchungszeitraumes. Bei den Chlorophyta blieb *Pseudoscourfieldia marina* die dominierende Art. Die hohe Anzahl bei den Blaualgen im Juni wurde durch eine *Aphanocapsa*-Art verursacht und im Juli waren es in dieser Gruppe vor allem *Coelosphaerium minutissimum* und eine fädige *Romeria*-Art, die dominierten. Die hohe Anzahl an Ochrophyta im Juli war, wie an den inneren Stationen zurückzuführen auf die beiden kleinen Diatomeenformen *Cyclotella choctawhatcheana* und eine *Chaetoceros*-Art.

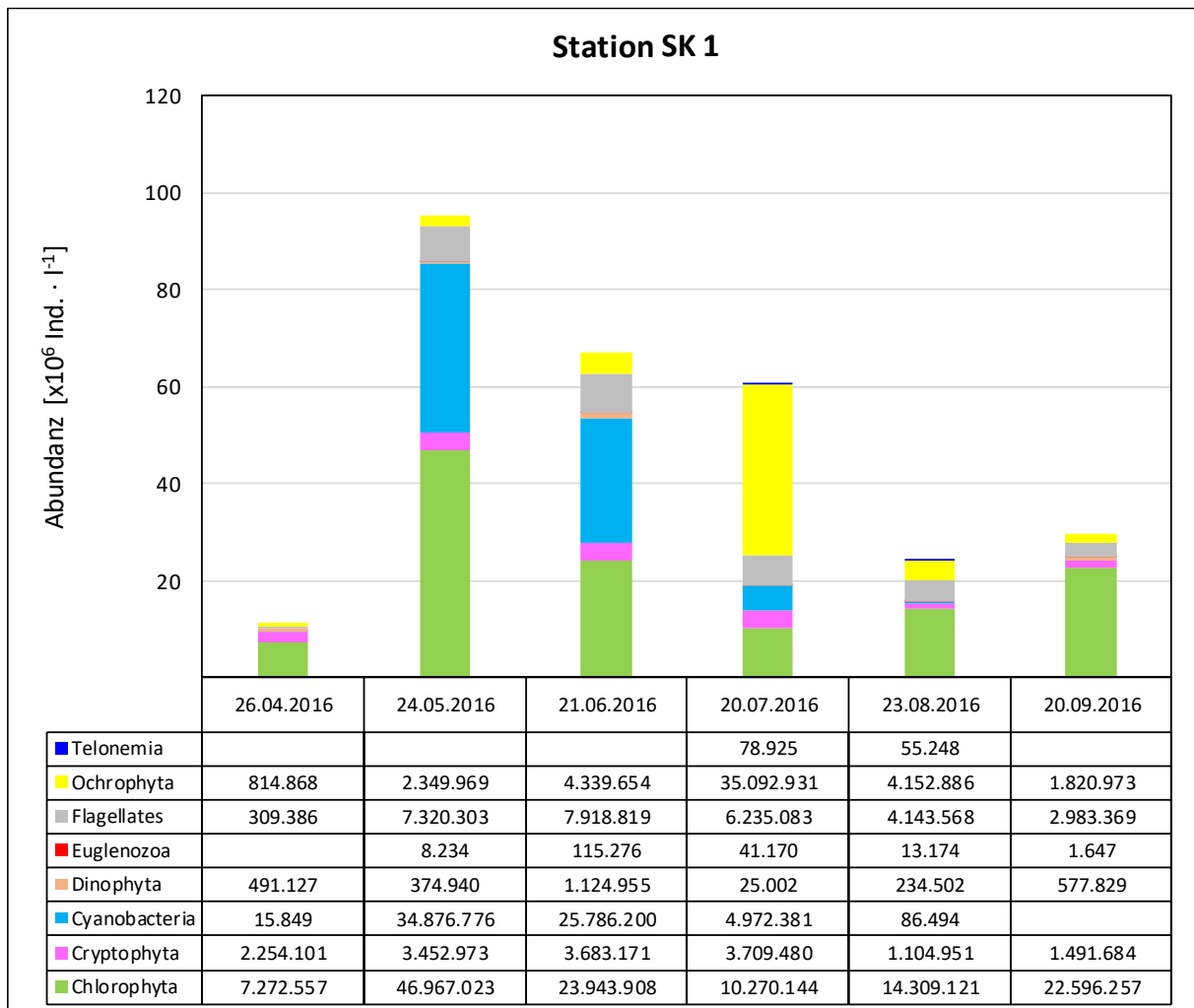


Abbildung 8: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im südlichen Seekanal (SK1, innen).

3.4.5 Station Seekanal außen (SK2)

Die Station SK2 im Seekanal liegt deutlich außerhalb des geschützten Bereiches im offenen Küstenwasser. Mit ca. 13 Mio. Zellen pro Liter war die Abundanz in diesem Bereich im April ebenfalls noch relativ niedrig (Abbildung 9). Im Mai wurden dort dann mit über 150 Mio. Zellen pro Liter die höchsten Werte der gesamten Untersuchung festgestellt. Im Juli wurden noch einmal ähnlich hohe Werte erreicht, danach sank die Zahl der Individuen wieder deutlich ab.

Auffällig an dieser Station war die deutliche Dominanz der Blaualgen zwischen Mai und Juli. Zu Beginn dieses Zeitraumes kamen *Cyanodictyon planctonicum* und eine *Aphanothece*-Art in etwa gleichen Dichten mit jeweils über 40 Mio. Zellen pro Liter vor. Im Juni bildete eine *Aphanocapsa*-Art mit ca. 54 Mio. Zellen pro Liter die größten Bestände. Im Juli schließlich war die Dominanz der Blaualgen innerhalb der Phytoplanktongesellschaft am größten, *Coelosphaerium minutissimum* mit

etwa 48 Mio. Zellen pro Liter und *Aphanothece paralleliformis* mit ca. 56 Mio. Zellen pro Liter machten 78 % der gesamten Individuen aus.

Innerhalb der Gruppe der Ochrophyta dominierte wie an allen anderen Stationen über den gesamten Untersuchungszeitraum *Pseudoscurfieldia marina*.

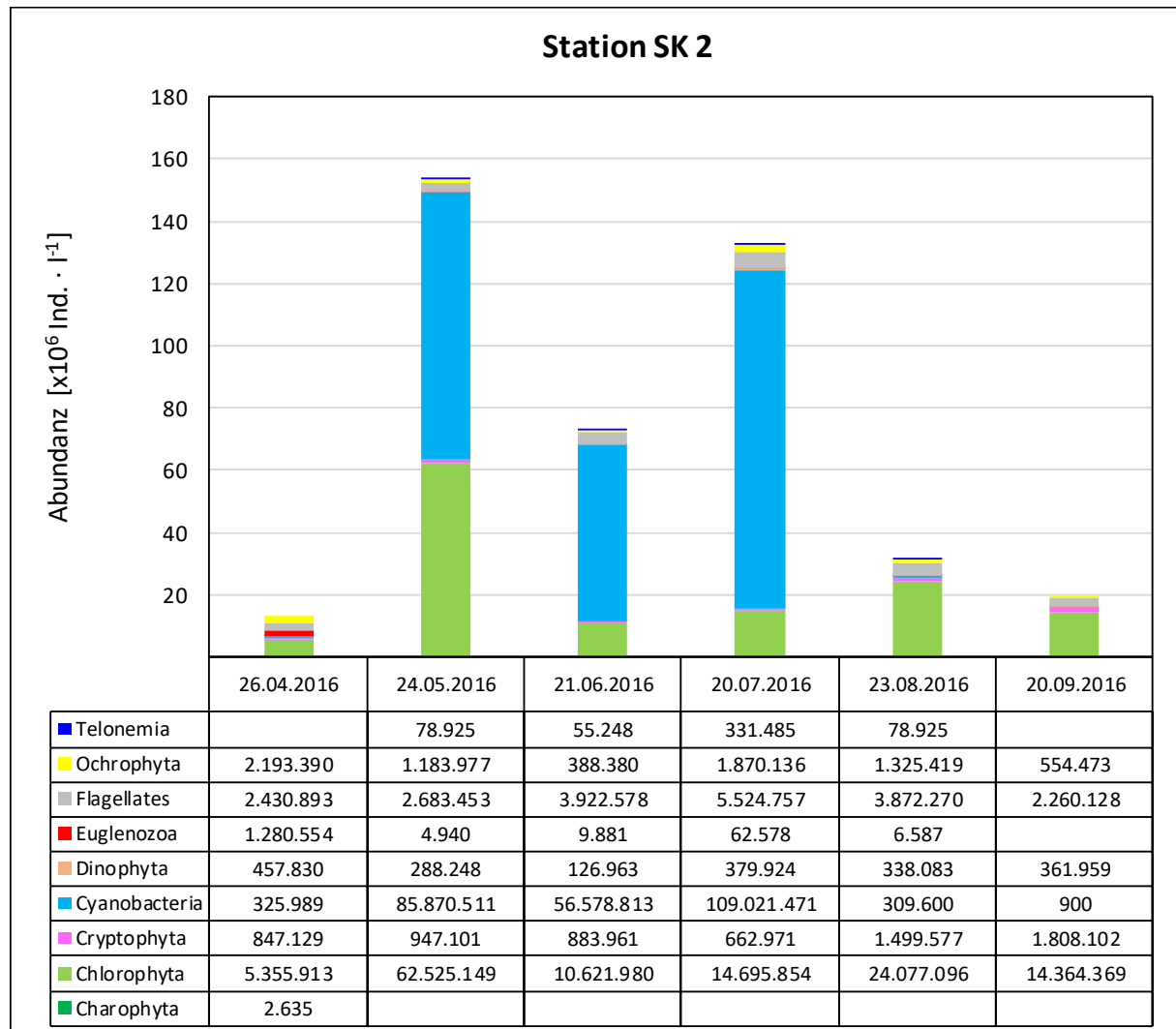


Abbildung 9: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im nördlichen Seekanal (SK2, außen).

3.5 Biovolumen

Bezüglich der Abundanz dominierten während des gesamten Untersuchungszeitraumes an allen Stationen sehr kleine Arten mit einer Zellgröße von teilweise deutlich unter 5 µm (siehe Kapitel 3.4). Trotz enorm hoher Zellzahlen ist die Biomasse (hier als Biovolumen) dieser Arten innerhalb des gesamten Phytoplanktons meist

gering. Sehr viel größere Vertreter mit weniger Abundanz tragen zur Gesamtbio-
 masse deutlich mehr bei. Deshalb unterscheiden sich die in den folgenden Kapiteln
 stationsweise dargestellten Verteilungsmuster des Biovolumens teils deutlich von
 denen der Abundanzen.

3.5.1 Station Unterwarnow (UW)

Die Biomasse an dieser südlichen Station wurde während des Untersuchungszeit-
 raumes von Dinophyta und Ochrophyta dominiert (Abbildung 10). Die hohen Zell-
 zahlen der Chlorophyta (siehe Kapitel 3.4.1) kommen hier nicht zum Tragen.

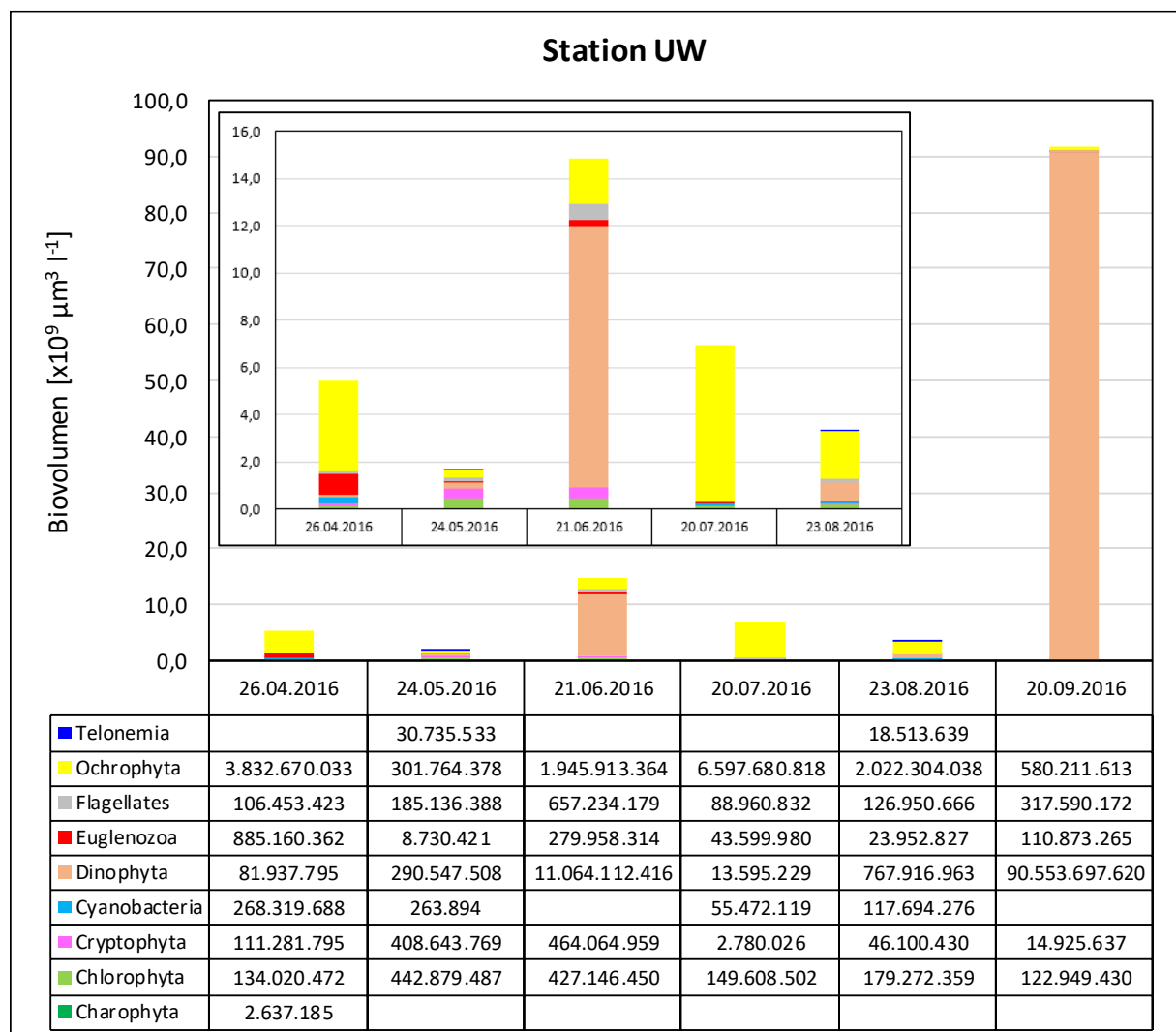


Abbildung 10: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phyto-
 plankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Ve-
 getationsperiode im Jahr 2016 an der Station Unterwarnow (UW). Der kleinere Aus-
 schnitt zeigt das Biovolumen für die Monate April bis August auf einer kleineren Skala.

Der enorm hohe Wert von über $90 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$ im September wurde von dem Dinoflagellaten *Heterocapsa triquetra* verursacht, der eine Abundanz von fast 16 Mio. Zellen pro Liter erreichte. Aufgrund seiner relativen Größe von bis zu fast $40 \mu\text{m}$ summierte sich das Biovolumen auf über $86 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$. Ein weiterer Dinoflagellat, *Polykrikos schwarzii*, trug mit über $3 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$ ebenfalls noch nennenswert zur Biomasse bei. *Heterocapsa triquetra* war ebenfalls im Juni dominierend.

Bei den Ochrophyta bildeten die Diatomee *Synedra acus* im April die größte Biomasse. Im Juni dominierten *Cyclotella choctawhatcheeana* und die Dictyochophyceae *Dictyocha speculum*. Der Ausschnitt mit der verkleinerten Skalierung für die ersten fünf Beprobungen in Abbildung 10 zeigt, dass im April die verschiedenen *Eutreptiella*-Arten aus der Gruppe der Euglenozoa einen nennenswerten Anteil am Biovolumen ausmachten.

3.5.2 Station Breitling (B1)

Die deutliche Dominanz der Chlorophyta bei der Abundanz an dieser Station (siehe Kapitel 3.4.2) spiegelte sich beim Biovolumen nur noch mäßig wider (Abbildung 11). Stattdessen bildeten Dinoflagellaten mit *Heterocapsa*-, *Gymnodinium*- und *Prorocentrum*-Arten größere Biomassen, insbesondere in den Monaten Juni, August und September.

Im April wurde an dieser Station mit etwas über $3,5 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$ das höchste Biovolumen ermittelt. Es wurde dominiert von verschiedenen *Eutreptiella*-Arten aus der Gruppe der Euglenozoa und diversen Vertretern der Ochrophyta (*Stephanodiscus*-Arten, *Asterionella formosa*, *Synedra acus*, *Dictyocha speculum*). Auch Cryptophyta kamen mit nennenswerten Biomassen vor.

In den Folgemonaten verringerte sich das Biovolumen, es schwankte zwischen knapp $1 \cdot 10^9$ und gut $2 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$.

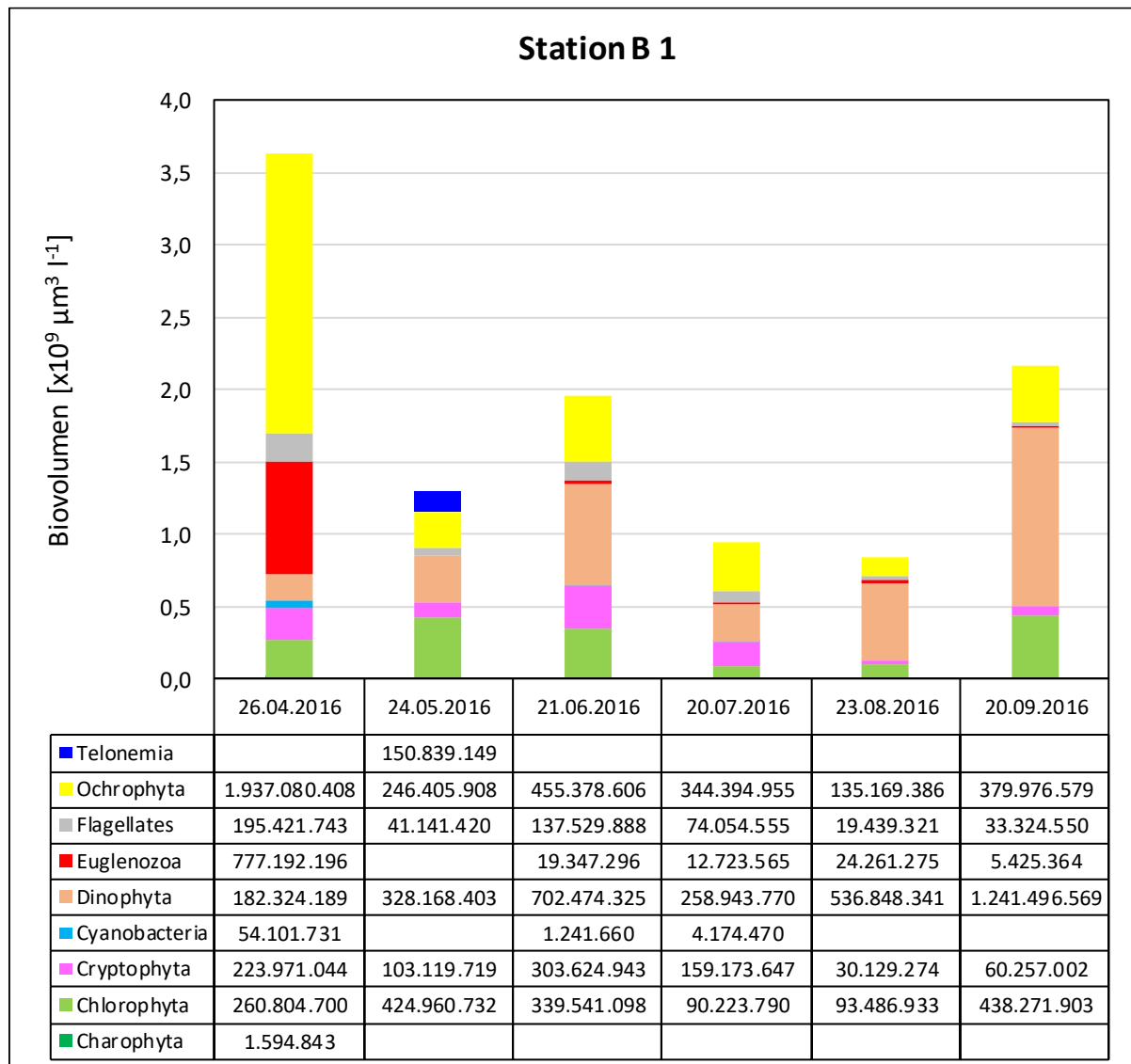


Abbildung 11: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im östlichen Breitling (B1).

3.5.3 Station Breitling (B2)

Die Verteilung des Biovolumens an dieser im südlichen Breitling gelegenen Station ist vergleichbar mit der Situation an der Station Unterwarnow. Im September gab es mit über $22 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$ einen enorm hohen Wert, der zu fast 92 % von dem Dinoflagellaten *Heterocapsa triquetra* gebildet wurde (Abbildung 12).

In den Vormonaten bewegte sich das Biovolumen auf einem Level zwischen ca. 2,5 und knapp $5 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$. Im April bildeten verschiedene *Eutreptiella*-Arten aus der Gruppe der Euglenozoa, Cryptophyta sowie *Synedra acus* und *Asterionella formosa* bei den Ochrophyta größere Biomassen. Im Sommer dominierten die Ochro-

phyta, im Juli waren es verschiedene Arten, die mit ähnlichen Biomassen zum Ergebnis beitragen, im August kam insbesondere *Cerataulina pelagica* in größeren Massen vor.

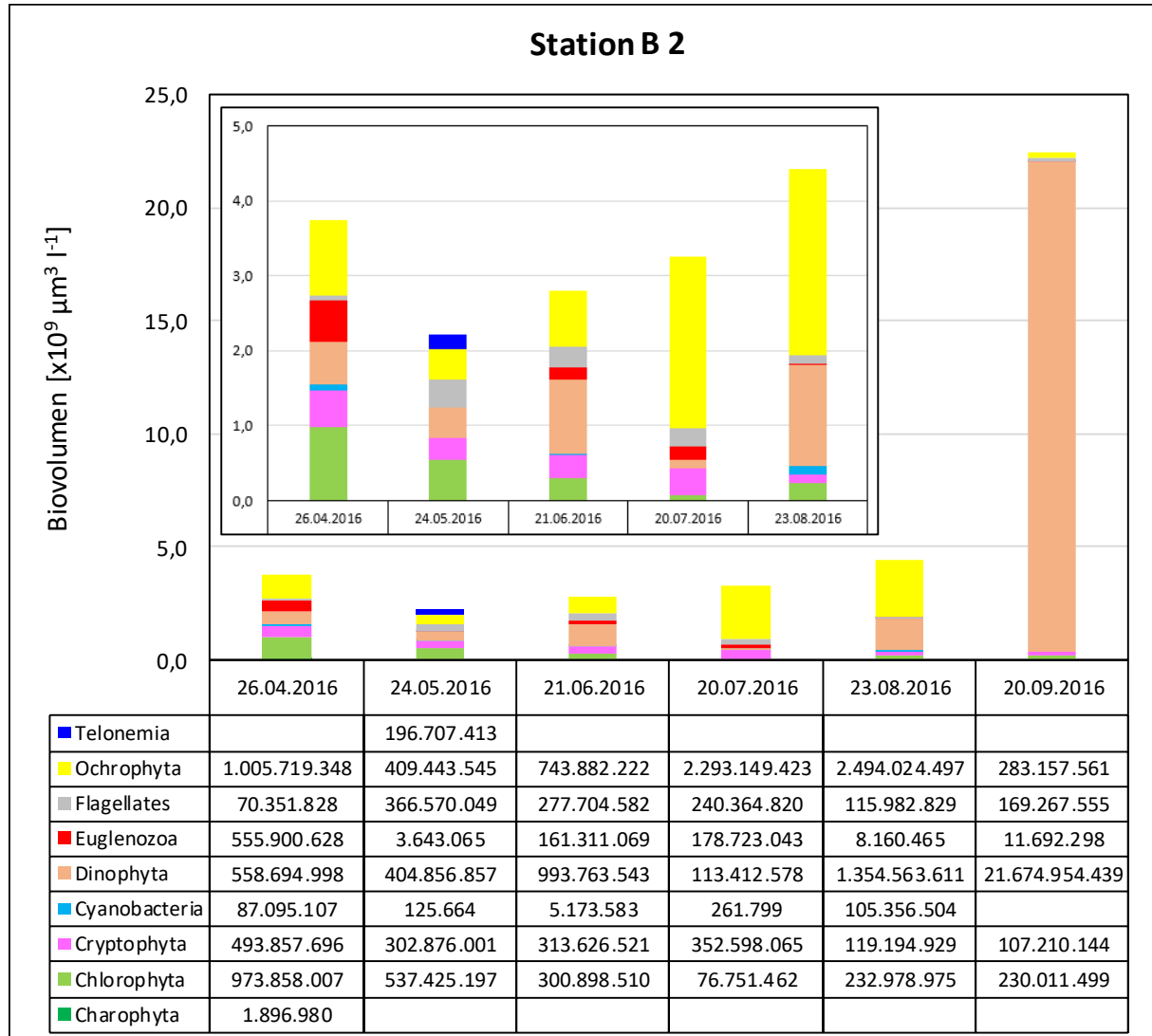


Abbildung 12: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im westlichen Breitling (B2). Der kleinere Ausschnitt zeigt das Biovolumen für die Monate April bis August auf einer kleineren Skala.

3.5.4 Station Seekanal innen (SK1)

An der Station SK1 im Seekanal gab es von April bis August einen kontinuierlichen Anstieg des Biovolumens von unter 1 bis auf über $5 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$ (Abbildung 13). Im September war dann ein leichter Rückgang zu verzeichnen.

Die Dominanz der sehr kleinen Cyanobacteria (Blaualgen) bei der Abundanz (siehe Kapitel 3.4.4) spiegelte sich nicht mehr im Biovolumen wider. Lediglich im August bildeten die zu dieser Zeit in dieser Gruppe vorkommenden größeren fädigen Formen einen geringen Anteil an der Biomasse.

In den ersten drei Monaten waren es an dieser Station verschiedene Vertreter der Cryptophyta, Dinophyta und Ochrophyta, die größere Biovolumina bildeten. Im Juli und August dominierten deutlich die Ochrophyta. Dabei waren es im Juli vor allem die beiden Arten *Cyclotella choctawhatcheana* und *Stephanodiscus rotula* sowie im August *Cerataulina pelagica* und *Skeletonema costatum* mit größeren Biomassen. Der hohe Biovolumenanteil der Dinophyta im September wurde auch an dieser Station von *Heterocapsa triquetra* gebildet.

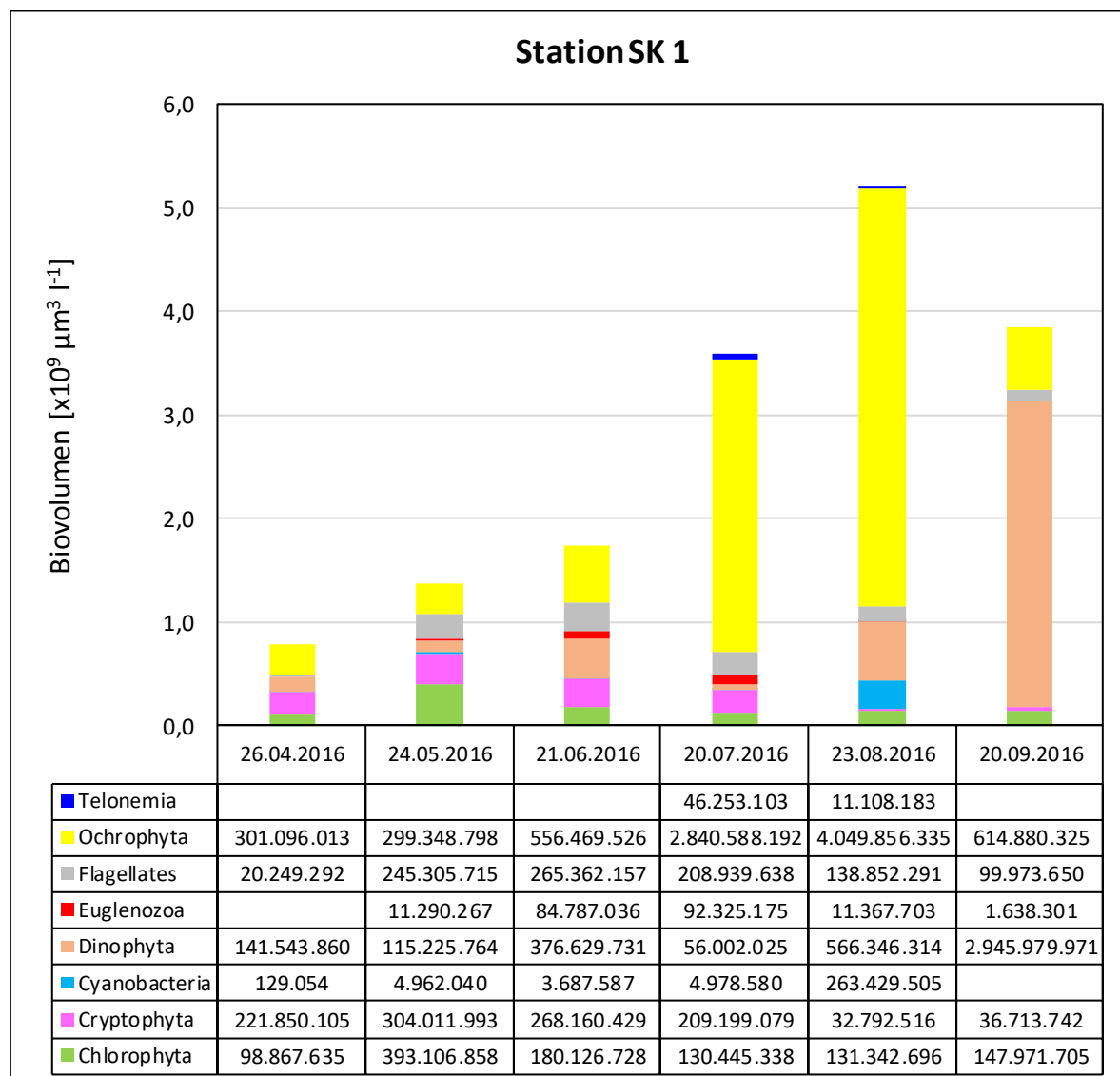


Abbildung 13: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im südlichen Seekanal (SK1, innen).

3.5.5 Station Seekanal außen (SK2)

An der äußeren Station im Seekanal waren während des Untersuchungszeitraumes größere Schwankungen beim Biovolumen zu verzeichnen (Abbildung 14). Nach anfänglich hohen Werten im April mit über $5 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$ gab es in den Folgemonaten einen deutlichen Rückgang auf unter $1 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$. Im Juli stiegen die Werte dann wieder auf fast $7 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$, um zum September erneut auf unter $1 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$ zu sinken.

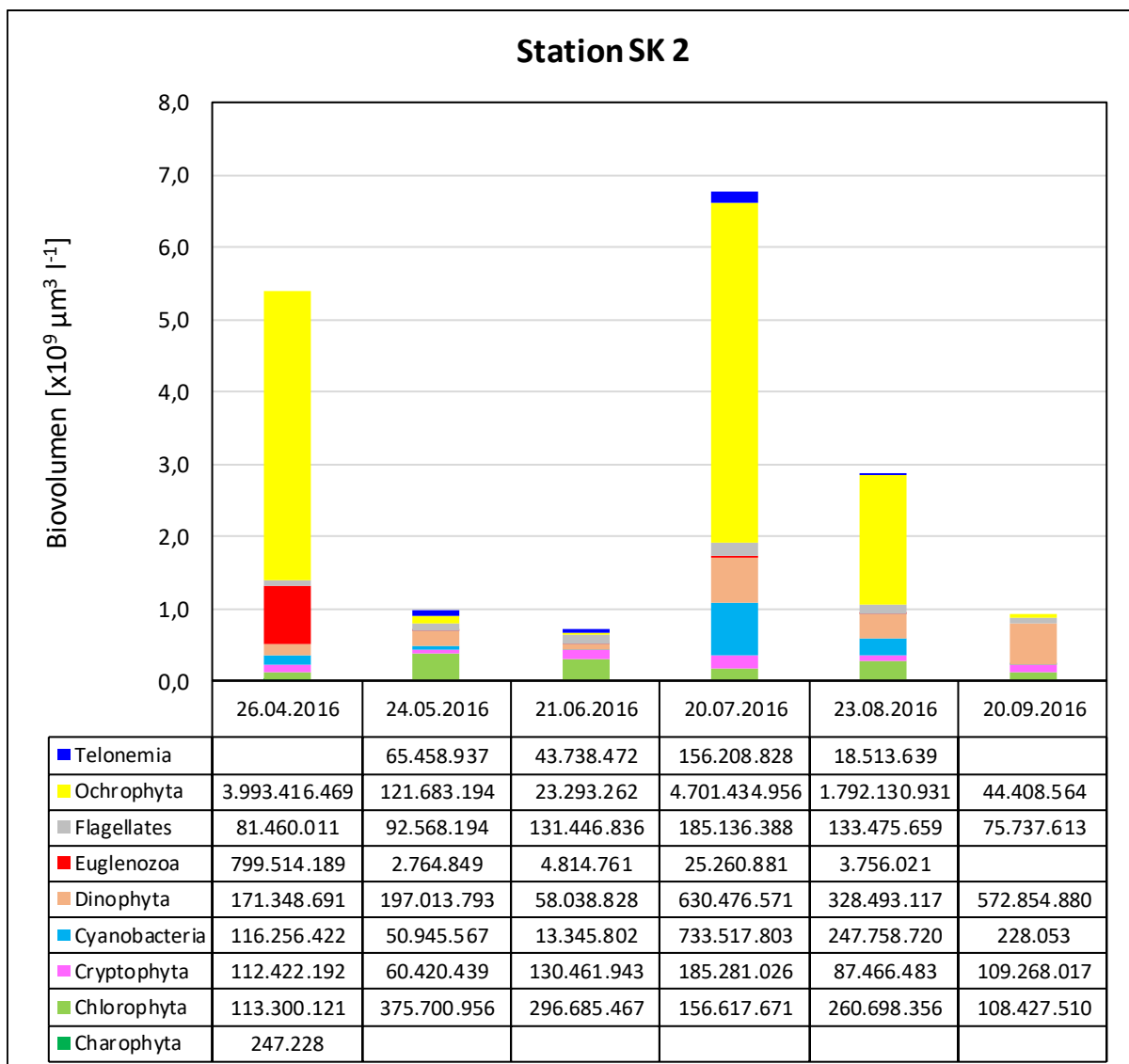


Abbildung 14: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der monatlichen Beprobungen in der Vegetationsperiode im Jahr 2016 an der Station im nördlichen Seekanal (SK2, außen).

Die Dominanz bei der Abundanz von *Pseudoscurfieldia marina* in der Gruppe der Chlorophyta und der Blaualgen in den Monaten Mai bis Juli war beim Biovolumen

nicht mehr feststellbar. Stattdessen bildeten in den Monaten April (insbesondere *Stephanodiscus rotula*), Juli (*Proboscia alata* und *Guinardia flaccida*) und August (*Cerataulina pelagica*) die Ochrophyta die größten Biomassen. Verschiedene *Eutreptiella*-Arten aus der Gruppe der Euglenozoa im April, die fädige Blaualge *Nodularia spumigena* im Juli und August sowie verschiedene Vertreter der Dinoflagellaten zwischen Juli und September machten nennenswerte Anteile aus.

3.6 Zusammenfassung der Ergebnisse der Phytoplanktonbestimmungen

Die Secchi-Tiefen waren im Untersuchungszeitraum in allen Monaten an der äußeren Seekanal-Station SK2 am größten und erreichten bis zu 6 m Sichttiefe, gefolgt von der inneren Seekanal-Station SK1. Die geringsten Werte mit teilweise unter 1 m Sichttiefe wurden in den Monaten Juni, Juli und September an der Unterwarnow-Station UW ermittelt.

Die Chlorophyll- und Phaeopigment-Gehalte lagen mit $< 5 \mu\text{g l}^{-1}$ in den meisten Monaten und an allen Stationen in einem niedrigen Konzentrationsbereich. Lediglich im Juni, Juli und September wurden an der Station UW deutlich höhere Werte mit über $25 \mu\text{g l}^{-1}$ Chlorophyll-a gemessen. Das war in guter Übereinstimmung mit den niedrigen Werten für die Secchi-Tiefen, die dort ermittelt wurden. Im Juli fanden sich auch an den Stationen SK1 und B2 etwas höhere Werte mit bis zu $10 \mu\text{g l}^{-1}$.

Bei den analysierten Phytoplanktongesellschaften dominierten während des gesamten Untersuchungszeitraumes an allen Stationen diverse sehr kleine Arten aus verschiedenen taxonomischen Gruppen mit einer Zellgröße von teilweise deutlich unter $5 \mu\text{m}$ mit hohen Abundanzen, die insgesamt aber keine großen Biomassen aufwiesen. Nach einer anfänglichen Frühjahrsblüte im April 2016, die an allen Stationen in der Unterwarnow durch Chlorophyta mit höheren Abundanzen dominiert wurde, aber gekennzeichnet war durch ein höheres Biovolumen der Ochrophyta – hier im Wesentlichen Diatomeen –, begannen ab Juni die Sommerblüten. Dabei wurden hohe Biomassen vor allem von dem größeren Dinoflagellaten *Heterocapsa triquetra*, der im Juni und September insbesondere an der Station UW, aber auch an der Station B2 im Breitling in größeren Abundanzen auftrat und dort im September enorme Biovolumenwerte von $> 90 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3 \text{l}^{-1}$ verursachte, sowie verschiedenen Diatomeenarten gebildet.

4 Untersuchungsergebnisse Zooplankton

4.1 Artenzusammensetzung

Insgesamt wurden an allen Stationen innerhalb des Untersuchungszeitraumes 30 Arten und Gattungen beziehungsweise nicht näher bestimmte höhere taxonomische Gruppen vorwiegend meroplanktischer Larven gefunden (Tabelle 4). Die Anzahl der je Probe gefundenen Taxa variierte zwischen minimal 8 (SK2, April) und maximal 20 (UW, September) und lag über den gesamten Probenahmezeitraum betrachtet im Mittel bei 14 ± 3 . Die genauen Zahlen können der Tabelle 5 entnommen werden, in der alle Zooplanktonproben außerdem hinsichtlich weiterer Messgrößen wie Wassertemperatur und -salzgehalt sowie Abundanzen und Biomassen charakterisiert sind.

Tabelle 4: Liste der im Untersuchungsgebiet und -zeitraum 2016 gefundenen Taxa inklusive Angabe der Erstbeschreibung.

Crustacea	Bryozoa
<u>Calanoide Copepoda</u>	Gymnolaemata Allman, 1856
<i>Acartia bifilosa</i> Giesbrecht, 1881	
<i>Acartia longiremis</i> Lilljeborg, 1853	Chordata (Appendicularia)
<i>Acartia tonsa</i> Dana, 1849	<i>Oikopleura dioica</i> Fol, 1872
<i>Centropages hamatus</i> Lilljeborg, 1853	
<i>Eurytemora affinis</i> Poppe, 1880	Mollusca
<i>Paracalanus parvus</i> Claus, 1863	Bivalvia Linnaeus, 1758
<i>Pseudocalanus</i> spp. Boeck, 1872	Gastropoda Cuvier, 1797
<i>Temora longicornis</i> O.F.Müller, 1785	
	Nematoda incertae sedis
<u>Cyclopoide Copepoda</u>	
<i>Oithona similis</i> Claus, 1866	Echinodermata Bruguère, 1791
Cyclopidae Dana, 1846	
	Polychaeta Grube, 1850
<u>Harpacticoide Copepoda</u>	
	Tintinnidae Claparède & Lachmann, 1858
<u>Phyllopoda</u>	
<i>Evadne nordmanni</i> Lovén, 1836	Rotifera Cuvier, 1817
<i>Podon</i> spp. Lilljeborg, 1853	<i>Synchaeta</i> spp. Ehrenberg, 1832
<i>Bosmina</i> spp. Baird, 1845	<i>Keratella</i> spp. Bory de St.Vincent, 1822
<i>Diaphanosoma</i> spp. Fischer, 1850	<i>Brachionus</i> spp. Pallas, 1766
<u>Andere</u>	Foraminifera incertae sedis
Ostracoda Latreille, 1802	
Cirripedia (<i>Balanus</i> spp. Da Costa, 1778)	

Tabelle 5: Beschreibung der Zooplanktonproben inkl. Probenahmetechnik, beprobtes Volumen, abiotische Faktoren des beprobten Wasserkörpers, Abundanz, berechneter Biomasse und Anzahl der an den 5 Stationen im Untersuchungsgebiet in der Vegetationsperiode 2016 gefundenen Taxa/taxonomische Gruppen.

Datum	Station	Probenahmetechnik	Vol [l]	Salzgehalt [MW±Stabw]	Temperatur [MW±Stabw]	Abundanz [Ind m ⁻³]	mittlere Abundanz [10 ³ Ind. m ⁻³]	Biomasse [µg C m ⁻³]	mittlere Biomasse [mg C m ⁻³]	Diversität Anzahl Taxa	mittlere Anzahl Taxa
26.04.2016	SK2	Integralschöpfer	18	13,34 ± 0,40	7,63 ± 0,01	46.889	19,5 ± 16,3	17.163	9,29 ± 6,15	13	12,0 ± 2,5
	SK1	Integralschöpfer	20	10,72 ± 0,58	8,76 ± 0,23	19.000		13.492		16	
	B2	Integralschöpfer	20	10,98 ± 0,87	8,74 ± 0,21	7.700		5.834		10	
	B1	Mix (Mitte)	20	10,03 ± 0,03	9,00 ± 0,01	17.350		8.304		10	
	UW	Mix (Mitte)	20	9,19 ± 0,50	9,06 ± 0,22	6.650		1.638		11	
24.05.2016	SK2	Integralschöpfer	12	11,15 ± 0,52	13,23 ± 0,34	7.250	71,8 ± 56,9	7.277	32,63 ± 20,70	8	14,4 ± 3,7
	SK1	Integralschöpfer	20	12,17 ± 0,10	13,59 ± 0,10	47.400		22.777		15	
	B2	Integralschöpfer	20	12,10 ± 0,11	14,32 ± 0,47	58.450		26.523		15	
	B1	Mix (Mitte)	20	11,97 ± 0,01	15,46 ± 0,02	85.450		46.884		17	
	UW	Mix (Mitte)	20	12,12 ± 0,18	14,33 ± 0,05	160.350		59.708		17	
21.06.2016	SK2	Integralschöpfer	19	9,90 ± 0,02	16,57 ± 0,01	25.316	91,8 ± 55,8	18.838	40,21 ± 26,76	11	14,2 ± 3,1
	SK1	Integralschöpfer	16	10,49 ± 0,30	17,26 ± 0,06	55.438		18.328		12	
	B2	Mix (OF, 2, 4, 6 m)	20	10,58 ± 0,17	17,67 ± 0,03	89.800		33.092		13	
	B1	Mix (Mitte)	20	10,40 ± 0,01	18,49 ± 0,03	119.900		47.952		17	
	UW	Mix (Mitte)	20	10,01 ± 0,01	18,47 ± 0,03	168.700		82.856		18	
20.07.2016	SK2	Integralschöpfer	19	12,90 ± 1,29	18,09 ± 0,52	46.474	127,3 ± 110,5	50.293	43,00 ± 45,35	14	13,8 ± 1,8
	SK1	Integralschöpfer	20	11,88 ± 0,06	18,83 ± 0,27	89.100		16.391		16	
	B2	Integralschöpfer	19	11,44 ± 0,47	19,16 ± 0,66	105.158		18.172		15	
	B1	Mix (Mitte)	20	11,50 ± 0,05	20,19 ± 0,26	321.200		119.264		12	
	UW	Mix (Mitte)	20	11,66 ± 0,23	18,53 ± 0,15	74.600		10.865		12	
23.08.2016	SK2	Integralschöpfer	17,5	10,83 ± 0,15	18,67 ± 0,01	44.171	99,5 ± 53,1	27.992	33,00 ± 11,20	15	14,2 ± 1,3
	SK1	Integralschöpfer	19,5	12,65 ± 0,86	18,72 ± 0,17	56.564		24.983		13	
	B2	Integralschöpfer	20	13,35 ± 0,30	18,56 ± 0,08	94.250		33.081		14	
	B1	Mix (Mitte)	20	13,35 ± 0,005	18,87 ± 0,01	173.600		52.292		13	
	UW	Mix (Mitte)	20	12,99 ± 0,05	18,69 ± 0,03	129.000		26.661		16	
20.09.2016	SK2	Integralschöpfer	20	12,75 ± 3,43	15,07 ± 0,62	98.500	198,2 ± 146,9	22.704	50,13 ± 23,23	15	17,4 ± 2,1
	SK1	Integralschöpfer	17	16,98 ± 0,33	16,51 ± 0,24	159.176		57.545		19	
	B2	Integralschöpfer	20	16,43 ± 0,82	16,86 ± 0,25	168.250		52.744		16	
	B1	Mix (Mitte)	20	16,19 ± 0,04	17,36 ± 0,03	109.800		34.397		17	
	UW	Mix (Mitte)	20	15,50 ± 0,72	17,25 ± 0,28	455.400		83.253		20	

Während die Anzahl der gefundenen Taxa an den beiden flachen Stationen (B1 und UW) über den Probenahmezeitraum stark schwankte und bereits im Mai- und Juni mit 17 bzw. 18 hoch war, konnte für die Anzahl der Taxa an den drei tiefen Stationen (SK1, SK2, B2) eher ein saisonaler Trend mit zunehmender Anzahl der Taxa über den Jahresgang hinweg beobachtet werden (Tabelle 5, Abbildung 15).

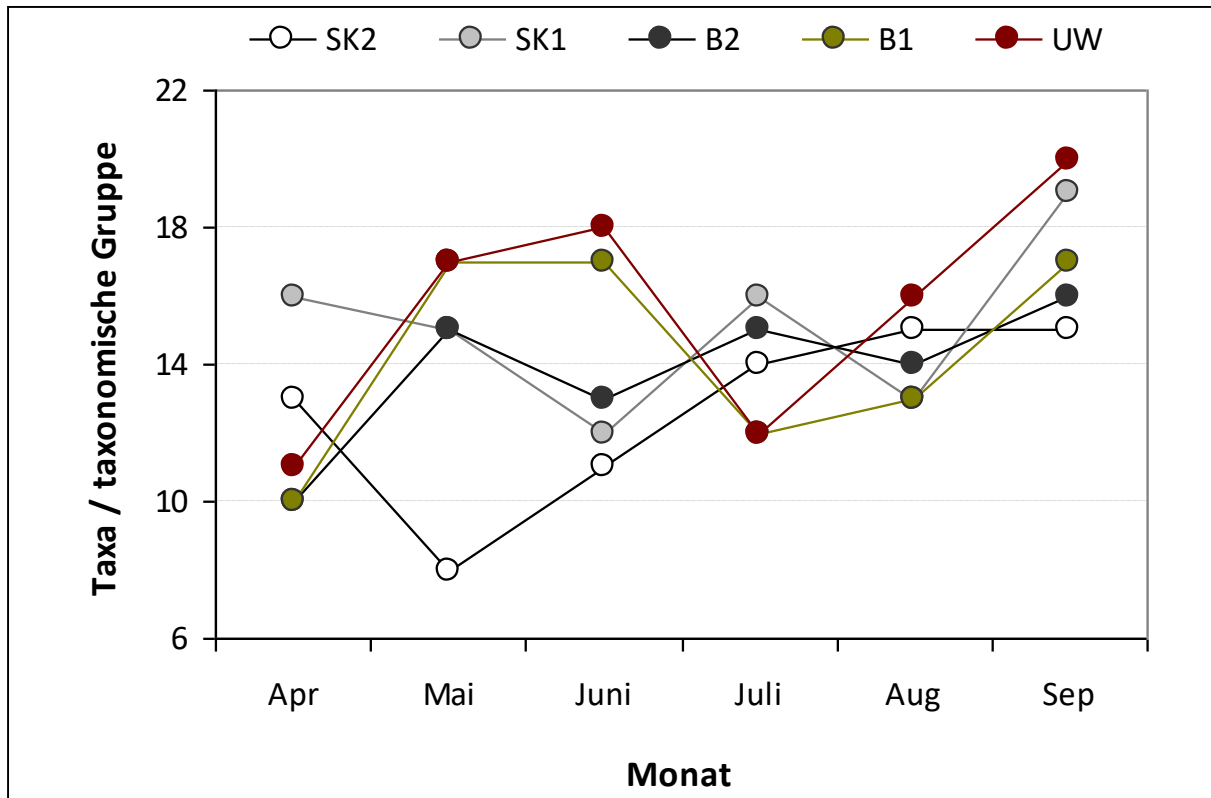


Abbildung 15: Anzahl der Taxa der Zooplanktongemeinschaft an den 5 Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016.

Die Wasserkörper, aus denen die Zooplanktongemeinschaften im Untersuchungszeitraum entnommen wurden, unterschieden sich hinsichtlich des Salzgehaltes von April bis August nur sehr geringfügig (April: $10,85 \pm 1,6$, Mai: $11,90 \pm 0,4$, Juni: $10,28 \pm 0,3$, Juli: $11,88 \pm 0,6$, August: $12,63 \pm 1,0$), jedoch statistisch signifikant unterschiedlich ($p < 0,001$; t -test) zu dem im September ($15,57 \pm 1,7$). Bezüglich des Temperaturverlaufs wurde ein für die geografische Breite typischer Jahresverlauf mit Werten von $8,64 \pm 0,6$ °C im April, $14,19 \pm 0,9$ °C im Mai, $17,69 \pm 0,8$ °C im Juni, $18,96 \pm 0,8$ °C im Juli, $18,7 \pm 0,1$ °C im August und $16,61 \pm 0,9$ °C im September festgestellt. Die Schwankungsbreite der Temperatur zwischen den Stationen pro Monat war äußerst gering. Dennoch war die tiefe Außenstation (SK2), außer im August, jeweils diejenige mit der niedrigsten Temperatur und die Flachwasserstationen meist die mit den höheren Temperaturen (Tabelle 5).

Die Variabilität der Zooplanktongemeinschaft hinsichtlich ihrer Artenzusammensetzung war vor allem in Bezug auf die Jahreszeiten ausgeprägt, aber auch die Lage der Stationen hatte Einfluss, zum Beispiel vergleichend zwischen der Außenstation (SK2) und den südlich der Mole gelegenen Stationen sowie zwischen Tiefwasser- und Flachwasser-Stationen (Abbildung 16). Die Zusammensetzung unterlag an allen Stationen einer deutlichen Sukzession der Taxa über den Jahresverlauf, wobei sich die Außenstation (SK2), außer im April und September, von denen im Bereich von Breitling und Unterwarnow unterschied.

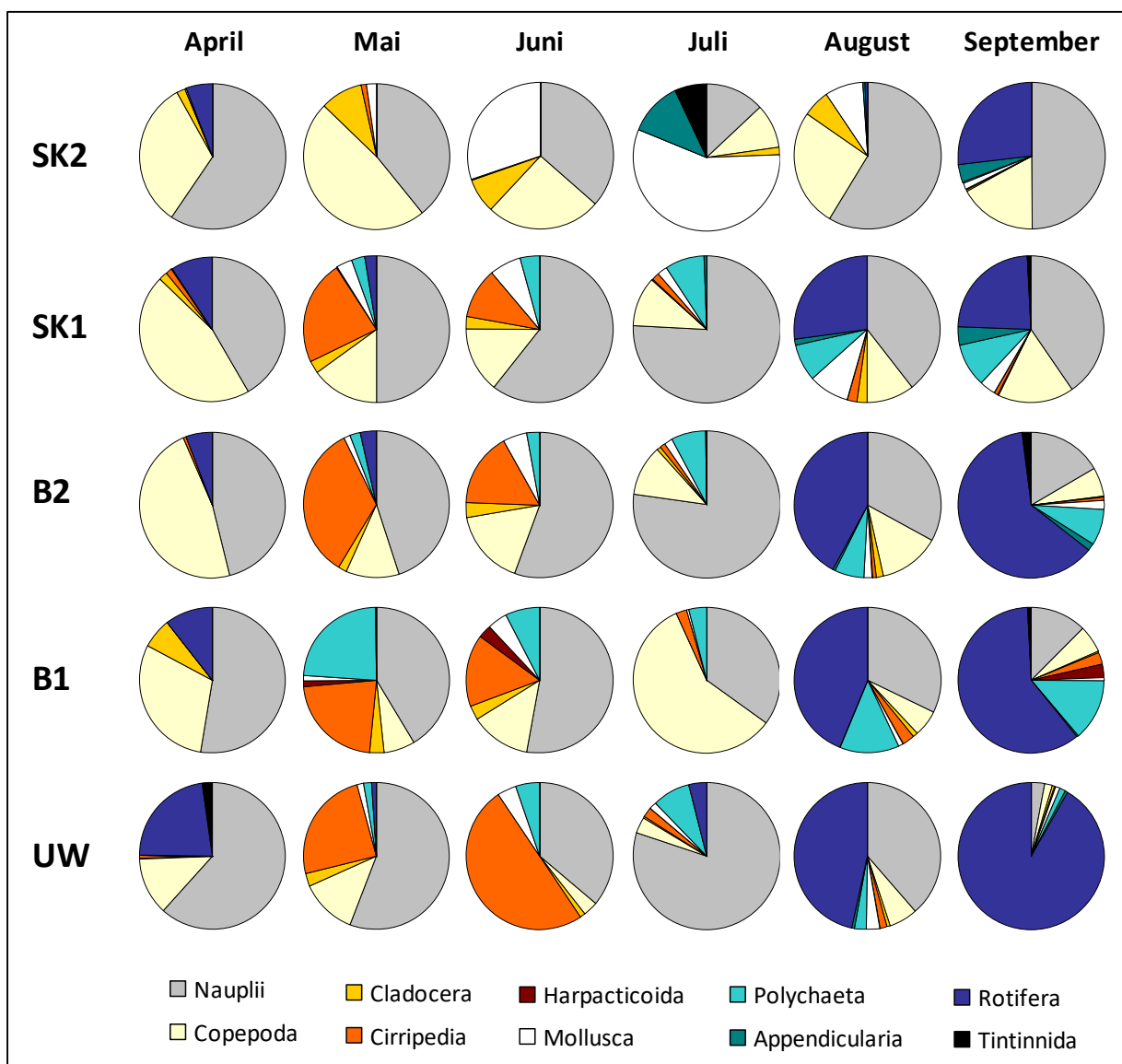


Abbildung 16: Zusammensetzung der Zooplanktongemeinschaften an den 5 Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016. Grundlage für die Darstellung sind Abundanzen taxonomischer Gruppen, deren Anteil an mindestens einem Untersuchungszeitpunkt >1% betrug.

Insgesamt dominierten am häufigsten die Vertreter der Copepoda inklusive aller ihrer Entwicklungsstadien (Nauplius- und Copepoditstadien sowie Adulti, Details dazu in Abbildung 17 und Abbildung 18). Im Juli waren an Station SK2 mit >50% Anteil an der Gesamtindividuenanzahl die Vertreter der Mollusca bestandsbildend. Im August und im September erreichten die Rotifera, mit mind. fünf verschiedenen Arten, die jedoch nicht genauer bestimmt wurden, hohe Abundanzen, vor allem an den Stationen B2, B1 und UW mit 62,5%, 60% und 91,7% und dominierten die Gemeinschaft. Mit 49,6% Anteil an der Zooplanktongemeinschaft erreichten die Vertreter der Cirripedia (Seepocken) im Juni an der Station Unterwarnow ihre maximale Individuendichte. Sie traten überwiegend als Nauplius-Stadien auf und nur sehr selten als Cypris-Stadien, welche der Entwicklungsstufe, durch die Seepocken zur sessilen Lebensweise übergehen entsprechen. Der höchste prozentuale Anteil von 23,5 % wurde für Polychaeta-Larven im Mai an der Station B1 beobachtet. Cladocera (*Podon* spp., *Evadne nordmanni*, *Bosmina* spp.) sowie Appendicularia (*Oikopleuro dioica*, v.a. an Station SK2), Harpacticoida (v.a. an Station B1) und Tintinniden (v.a. an Station UW und im Juli an Station SK2) traten zwar regelmäßig auf, machten jedoch nur maximal 9,2% im Mai, 11,9% im Juli, 3,0% im September und 7,0% Anteile im Juli an der gesamten Zooplanktongemeinschaft aus (Tabelle 6).

Insgesamt sehr selten beobachtete Vertreter der Zooplanktongemeinschaften waren Individuen der Nematoda, der Ostracoda, der Foraminifera und der Bryozoa- und Echinodermata-Larven, deren Anteile immer unter 1% der jeweiligen Gemeinschaft lagen.

Eine Sukzession der Arten, also die Veränderung/Variabilität der Artenzusammensetzung über eine Saison hinweg, konnte besonders gut innerhalb der am häufigsten vertretenen taxonomischen Gruppe der Zooplanktongemeinschaft, der Copepoda (Ruderfußkrebse) inklusive aller ihrer Entwicklungsstadien, beobachtet werden. Die Copepoda wurden überwiegend repräsentiert von den drei typischerweise in der Ostsee vorkommenden *Acartia*-Arten (*A. bifilosa*, *A. longiremis* und *A. tonsa*), *Temora longicornis*, *Centropages hamatus*, *Paracalanus parvus*, sowie der cyclopoiden Copepoda-Art *Oithona similis* (Abbildung 17 und Abbildung 18).

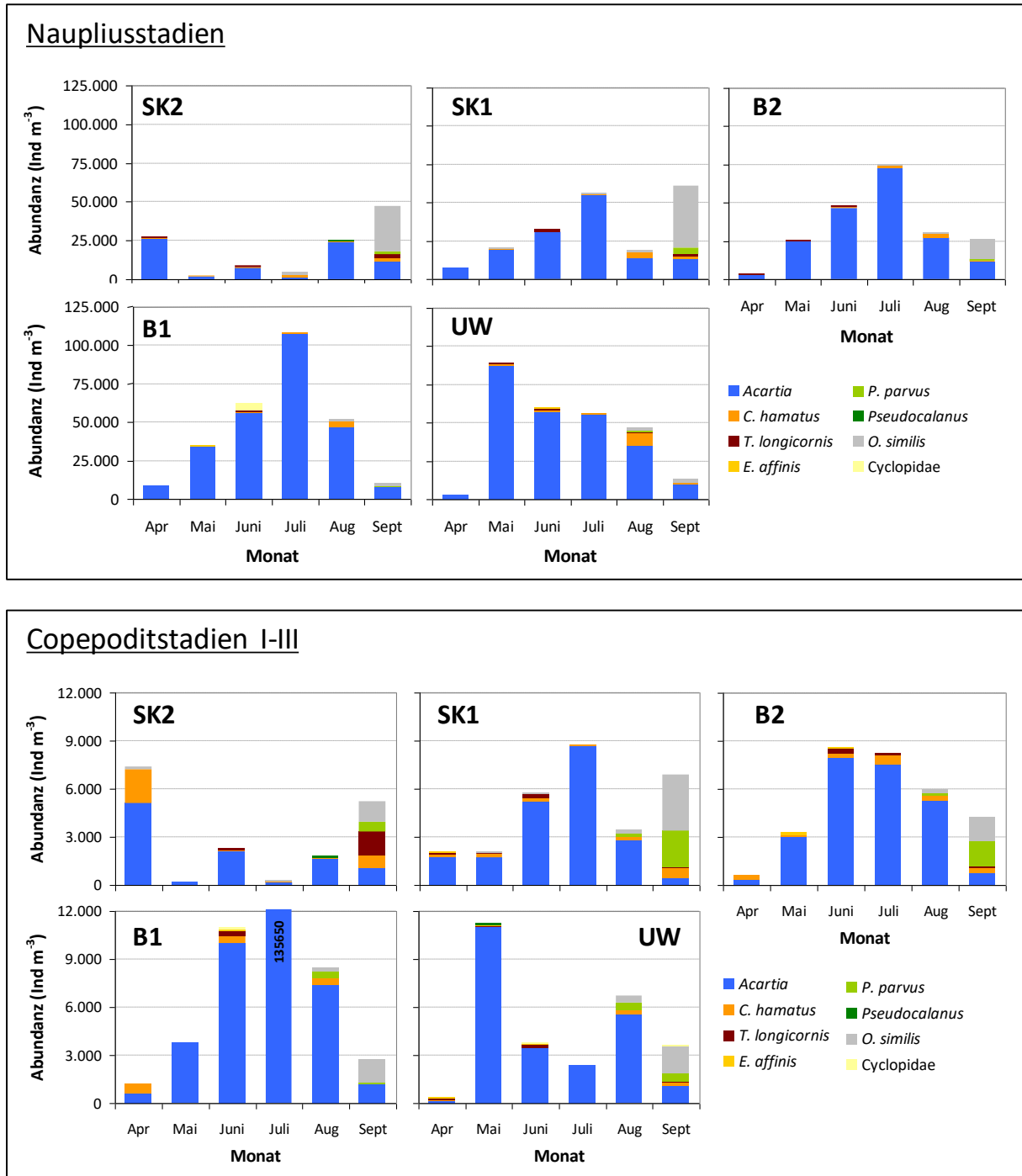


Abbildung 17: Zusammensetzung der Copepoda-Gemeinschaften an den 5 Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016: Naupliusstadien und Copepoditstadien I-III.

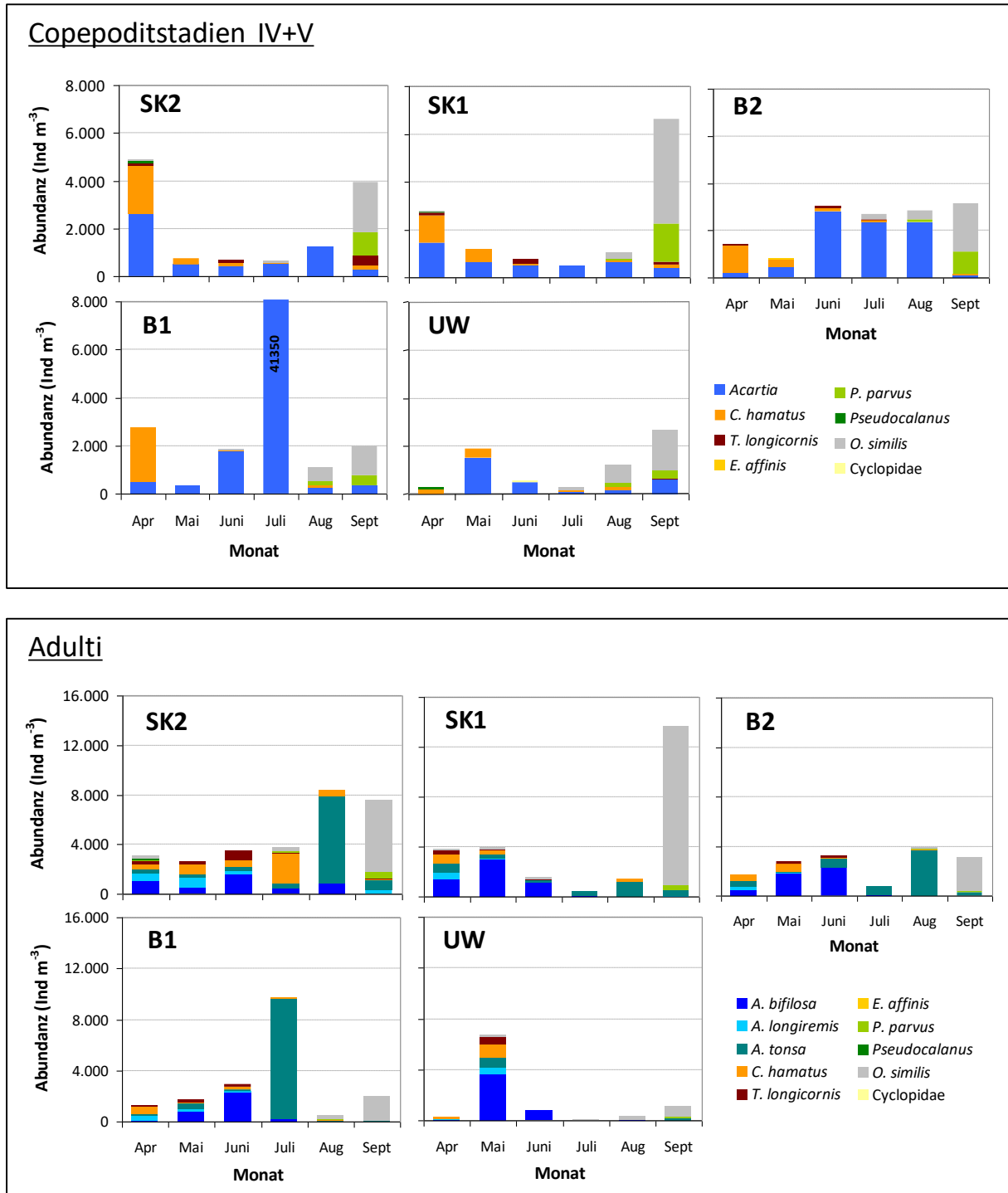


Abbildung 18: Zusammensetzung der Copepoda-Gemeinschaften an den 5 Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016: Copepoditstadien IV+V sowie Adulti.

Bis zum August dominierten in der Vegetationsperiode 2016 grundsätzlich an fast allen Stationen die Populationen der drei *Acartia*-Arten mit ihren unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Die Adulti dieser Arten wurden regelmäßig und sehr häufig, teilweise bis über 20% der Gesamtabundanz ausmachend (Station SK2 im Mai,

siehe dazu auch Tabelle 7 in Kapitel 4.2) gefunden. Der Anteil an der Gesamtbio-masse betrug an der Station SK2 im August sogar über 50% (siehe Tabelle 9 in Kapitel 4.3). Der Entwicklungsschwerpunkt der älteren und jüngeren Copepodit-Stadien, C IV+V bzw. C I-III, sowie der Naupliusstadien lag an der äußeren Station SK2 eher im Frühjahr (April), an den inneren Stationen im Sommer in den Monaten Juni bis August. Die höchsten Dichten für *Acartia* spp. wurden dabei an der flachen Station im Breitling (B1) im Juli gefunden.

Adulte Individuen der Art *Centropages hamatus* erreichten im Juli an Station SK2 hohe Abundanzen und damit Anteile an der Gesamtgesellschaft, ihre Entwicklungsstadien C IV+V kamen bereits im April an fast allen Stationen mit hohen Anteilen vor. Individuen der Art *Paracalanus parvus* wurden vor allem an den drei tiefen Stationen, insbesondere im September, mit den Entwicklungsstadien C IV+V sowie C I-III gefunden. Wenig abundant waren zusätzlich Arten wie *Eurytemora affinis*, *Temora longicornis* und *Pseudocalanus* spp.

Vertreter cyclopoider Copepoda, die vor allem im inneren Küstengewässer (Stationen B2, B1 und UW) beobachtet wurden, kamen generell während der Untersuchungen im Jahr 2016 mit relativ niedrigen Individuendichten vor (siehe dazu auch Tabelle 7 in Kapitel 4.2). Ausnahme war die Art *Oithona similis*, die im September an allen Stationen mit den verschiedenen Entwicklungsstadien große Bestände bildete. Außerdem wurden einige Vertreter der Harpacticoida vor allem an den flachen Stationen gefunden.

4.2 Abundanzen

Insgesamt nahm die Abundanz, die Anzahl der Zooplanktonorganismen in einem bestimmten Volumen Wasser oder Individuendichte, an den untersuchten Stationen über den Verlauf der Vegetationsperiode 2016 von im April $19,5 \pm 16,3 \times 10^3$ Ind. m^{-3} bis $198,3 \pm 146,9$ Ind. m^{-3} zu, jedoch kann dieser Trend wegen der vorhandenen sehr hohen Schwankungen der Abundanz eines Probenahmezeitpunktes an den einzelnen Stationen nicht statistisch abgesichert werden (Abbildung 19 A). Deutlich war, dass die Individuendichte an den Flachwasser-Stationen insgesamt betrachtet eine höhere Variabilität als die an den Tiefwasser-Stationen aufwies (SK2: min. 7.250 Ind. m^{-3} im Mai, max. 98.500 Ind. m^{-3} im September; SK1: 19.000 Ind. m^{-3} im April, 159.176 Ind. m^{-3} im September; B2: 7.700 Ind. m^{-3} im April, 168.250 Ind. m^{-3} im September; B1: 17.350 Ind. m^{-3} im April, 321.200 Ind. m^{-3} im Juli; UW: 6.650 Ind. m^{-3} im April, 455.400 Ind. m^{-3} im September; Abbildung 19 B).

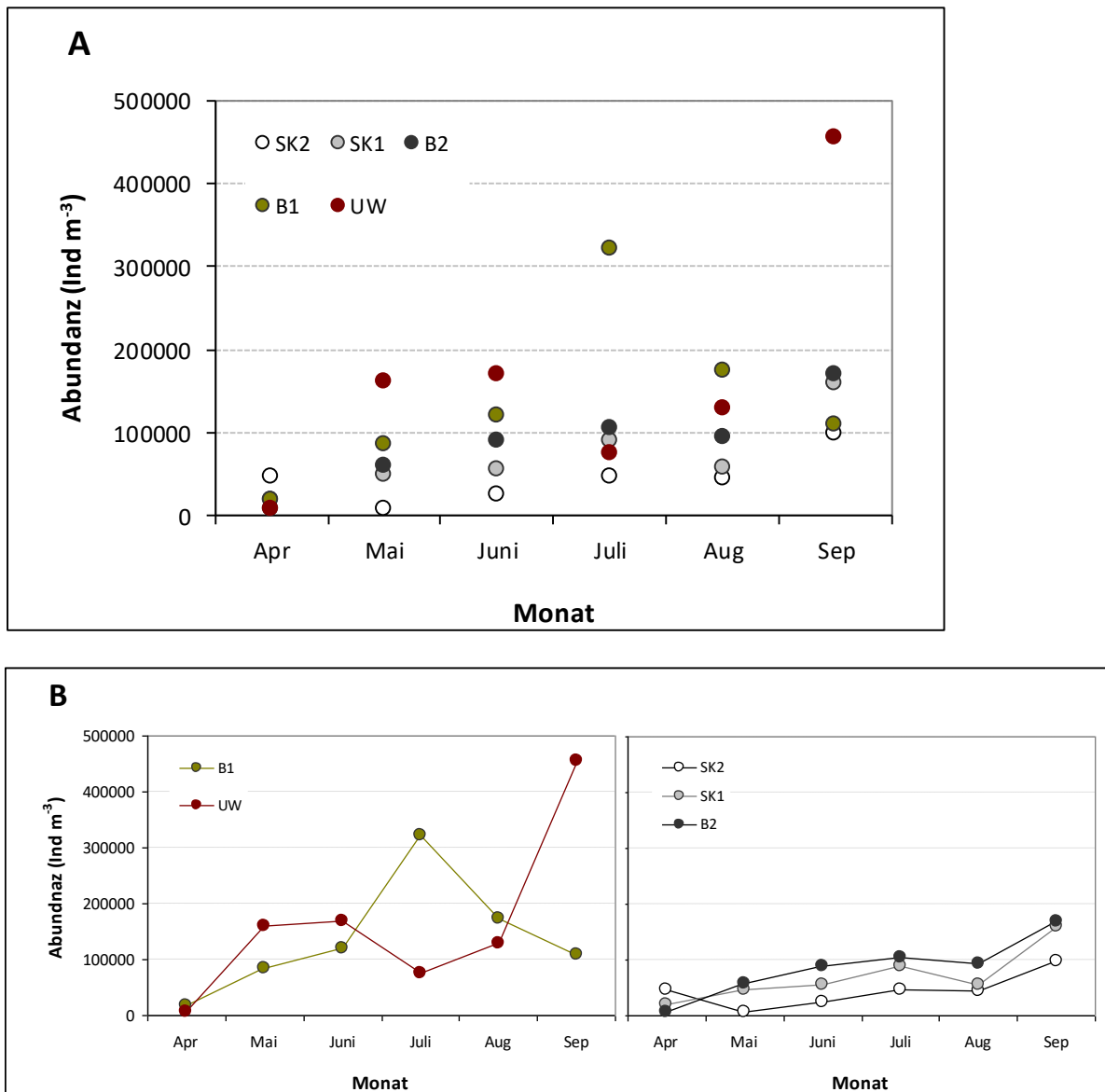


Abbildung 19: Variabilität der Abundanz der Zooplanktongemeinschaften an den 5 Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016 (A). Details zur Variabilität der Abundanz der Zooplanktongemeinschaften an den beiden Flachwasser-Stationen (links) und den 3 Tiefwasser-Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016 (B).

Die Gesamtabundanz der Zooplanktonorganismen war an den Stationen und über den gesamten Beprobungszeitraum höchst variabel. Sowohl die jeweiligen maximal und minimal erreichten Individuendichten unterschieden sich übers Jahr betrachtet pro Station stark (z.B. an der Station UW: Minimum 6.650 Ind. m⁻³ im April, Maximum 455.400 Ind. m⁻³ im September) als auch zwischen den einzelnen Stationen eines Probenahmezeitpunktes (z.B. im Juni: SK2 mit 25.316 Ind. m⁻³, SK1 mit 55.438 Ind. m⁻³, B2 mit 89.800 Ind. m⁻³, B1 mit 119.900 Ind. m⁻³, UW mit 168.700 Ind. m⁻³), wobei die größten Unterschiede immer zwischen der Außenstation und einer der im Flachwasser des inneren Küstengewässers gelegenen Stationen zu finden war (Tabelle 6).

Tabelle 6: Abundanz und prozentuale Anteile der Zooplanktongruppen an den 5 Stationen im Untersuchungszeitraum. Cirripedia mit Cyprisstadienanteil von: ^{1a} 150 Ind., ^{2a} 100 Ind., ^{3a} 50 Ind., ^{4a} 200 Ind.; ■: Anteil 10-30 %, ■: Anteil 30-50 % ■: Anteil > 50 %.

	SK2		SK1		B2		B1		UW		
	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	
April	Gesamt Individuen	46.889		19.000		7.700		17.350		6.650	
	Naupliusstadien	27.833	59,4	7.900	41,6	3.550	46,1	9.100	52,4	4.100	61,7
	Copepoda	15.333	32,7	8.650	45,5	3.650	47,4	5.250	30,3	850	12,8
	Cladocera	833	1,8	400	2,1			1.150	6,6		
	Cirripedia	56	0,1	250	1,3	50	0,6			50	0,8
	Harpacticoida										
	Mollusca	56	0,1								
	Polychaeta			50	0,3						
	Appendicularia										
	Rotifera	2.778	5,9	1.750	9,2	450	5,8	1.850	10,7	1.500	22,6
	Tintinnida									150	2,3
	alle anderen										
Mai	Gesamt Individuen	7.250		47.400		58.450		85.450		160.350	
	Naupliusstadien	2.833	39,1	23.600	49,8	26.200	44,8	35.250	41,3	89.600	55,9
	Copepoda	3.500	48,3	7.200	15,2	6.850	11,7	5.900	6,9	19.800	12,3
	Cladocera	667	9,2	1.200	2,5	1.250	2,1	2.500	2,9	4.450	2,8
	Cirripedia	83	1,1	11.000	23,2	19.950	34,1	18.900	22,1	39.800 ^{1a}	24,8
	Harpacticoida			150	0,3			850	1,0	100	0,1
	Mollusca	167	2,3	1.550	3,3	750	1,3	1.150	1,3	2.250	1,4
	Polychaeta			1.400	3,0	1.300	2,2	20.050	23,5	2.700	1,7
	Appendicularia										
	Rotifera			1.200	2,5	2.100	3,6	350	0,4	1.650	1,0
	Tintinnida										
	alle anderen			100	0,2	50	0,1	500	0,6		
Juni	Gesamt Individuen	25.316		55.438		89.800		119.900		168.700	
	Naupliusstadien	9.211	36,4	33.563	60,5	49.950	55,6	63.350	52,8	60.750	36,0
	Copepoda	6.474	25,6	8.063	14,5	14.850	16,5	15.800	13,2	5.150	3,1
	Cladocera	1.947	7,7	1.500	2,7	2.950	3,3	3.750	3,1	2.100	1,2
	Cirripedia	53	0,2	6.125	11,0	14.850 ^{2a}	16,5	19.250 ^{3a}	16,1	83.650 ^{4a}	49,6
	Harpacticoida							3.300	2,8	200	0,1
	Mollusca	7.632	30,1	3.813	6,9	4.550	5,1	5.550	4,6	7.100	4,2
	Polychaeta			2.375	4,3	2.500	2,8	8.800	7,3	8.550	5,1
	Appendicularia										
	Rotifera									100	0,1
	Tintinnida					100	0,1	50	0,04		
	alle anderen					50	0,1	50	0,04	1.100	0,7
Juli	Gesamt Individuen	46.474		89.100		105.158		321.200		74.600	
	Naupliusstadien	6.000	12,9	67.500	75,8	81.211	77,2	112.450	35,0	59.750	80,1
	Copepoda	4.579	9,9	9.700	10,9	11.684	11,1	187.100	58,3	2.700	3,6
	Cladocera	737	1,6	150	0,2	842	0,8	100	0,03	100	0,1
	Cirripedia			1.500	1,7	1.000	1,0	7.500	2,3	1.600	2,1
	Harpacticoida									50	0,1
	Mollusca	26.263	56,5	2.150	2,4	2.158	2,1	1.250	0,4	1.350	1,8
	Polychaeta			7.650	8,6	7.947	7,6	12.650	3,9	6.050	8,1
	Appendicularia	5.526	11,9	350	0,4						
	Rotifera			100	0,1	211	0,2	50	0,02	2.900	3,9
	Tintinnida	3.263	7,0							100	0,1
	alle anderen	105	0,2			105	0,1	100	0,03		
August	Gesamt Individuen	44.171		56.564		94.250		173.600		129.000	
	Naupliusstadien	25.886	58,6	22.359	39,5	31.100	33,0	55.900	32,2	49.900	38,7
	Copepoda	11.486	26,0	5.897	10,4	12.700	13,5	10.050	5,8	8.300	6,4
	Cladocera	2.571	5,8	1.231	2,2	1.500	1,6	2.000	1,2	600	0,5
	Cirripedia	57	0,1	1.385	2,4	800	0,8	4.900	2,8	2.050	1,6
	Harpacticoida										
	Mollusca	3.657	8,3	5.026	8,9	1.700	1,8	1.850	1,1	4.150	3,2
	Polychaeta	0	0,0	4.410	7,8	6.050	6,4	22.500	13,0	3.100	2,4
	Appendicularia	286	0,6	923	1,6	650	0,7	200	0,1	700	0,5
	Rotifera	171	0,4	15.333	27,1	39.750	42,2	76.200	43,9	60.200	46,7
	Tintinnida	57	0,1								
	alle anderen										
September	Gesamt Individuen	98.500		159.176		168.250		109.800		455.400	
	Naupliusstadien	49.100	49,8	64.059	40,2	28.200	16,8	13.700	12,5	14.400	3,2
	Copepoda	16.750	17,0	27.235	17,1	10.500	6,2	6.700	6,1	7.400	1,6
	Cladocera	750	0,8	235	0,1	550	0,3	350	0,3	1.600	0,4
	Cirripedia			1.529	1,0	950	0,6	2.800	2,6	1.650	0,4
	Harpacticoida					100	0,1	3.250	3,0	50	0,01
	Mollusca	1.200	1,2	5.588	3,5	3.600	2,1	900	0,8	3.700	0,8
	Polychaeta	250	0,3	14.706	9,2	12.900	7,7	15.050	13,7	7.150	1,6
	Appendicularia	3.950	4,0	6.765	4,2	3.200	1,9	150	0,1	1.400	0,3
	Rotifera	26.500	26,9	37.471	23,5	105.100	62,5	65.850	60,0	417.550	91,7
	Tintinnida			1.412	0,9	3.100	1,8	1.000	0,9	400	0,1
	alle anderen			176	0,1	50	0,03	50	0,05	100	0,02

Zusätzlich konnte ein direkter Zusammenhang zwischen der Abundanz und der Lage der Station festgestellt werden. Während im April die Individuendichten über den Verlauf des Seekanals von Nord nach Süd kontinuierlich abnahmen, stiegen sie in den Folgemonaten an (Abbildung 20). Dieser Zusammenhang bleibt im April, Mai, Juni und August auch dann bestehen, wenn die beiden Flachwasser-Stationen integriert werden (April: $y=-8212,8x+44156$, $R^2=0,64$; Mai: $y=34425x-31495$, $R^2=0,91$; Juni: $y=35123x-13539$, $R^2=0,99$; August: $y=28669x+13509$, $R^2=0,73$).

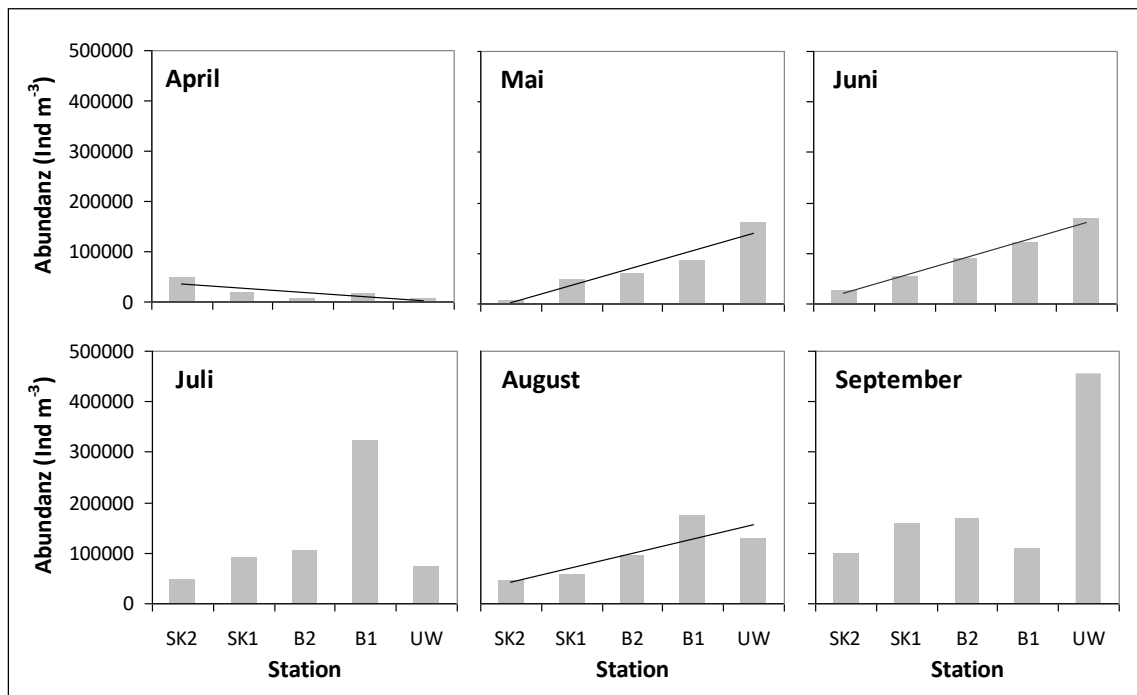


Abbildung 20: Variabilität der Abundanz der Zooplanktongemeinschaften und Zusammenhang der Abundanz zur Lage der Station im Verlauf der Vegetationsperiode 2016.

Da die Gruppe der Copepoda für die Zooplanktongemeinschaft besonders charakteristisch ist, wird diese in Tabelle 7 hinsichtlich ihrer Abundanzen inklusive aller Entwicklungsstadien sowie deren Anteile an der Gesamtgesellschaft für den Untersuchungszeitraum in 2016 aufgeführt. Die mit Abstand höchsten Individuendichten wurden in allen Monaten und an allen Stationen von Naupliusstadien, der Larvenform, die direkt aus den Eiern schlüpft und nach 5 Häutungen den Übergang zur nächsten Entwicklungsstufe, dem Copepoditstadium, erlangt hat, erreicht. Die Anzahl der Individuen, die als Copepoditstadien vorkommen, ist schon viel geringer und wird nochmals unterboten, werden nur die Adulti, also die geschlechtsreifen und damit fortpflanzungsfähigen Tiere, betrachtet. Im Detail gilt dies vor allem für die *Acartia*-Arten (z.B. an der Station B2 im Juli: Nauplius: 72.632 Ind. m^{-3} , Copepodite: 9842 Ind. m^{-3} und Adulti 789 Ind. m^{-3}). Bei anderen Arten, wie zum Beispiel *Centropages hamatus*, kann die Altersstruktur vollkommen anders sein, wie zum Beispiel an Station B2 im April, wenn jeweils pro Kubikmeter keine Nauplii, 1.400 Copepodite und 450 Adulti auftreten.

Tabelle 7: Abundanz und prozentuale Anteile der unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Coepoda-Arten bezogen auf die Gesamtabundanz aller Zooplanktonarten an den 5 Stationen im Untersuchungszeitraum. ■: Anteil 10-30 %, ■: Anteil 30-50 % ■: Anteil > 50 %.

		SK2											
		April		Mai		Juni		Juli		August		September	
		[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]
<i>Acartia</i> spp.	Naupliusstadien	26.444	56,4	1.917	26,4	7.474	29,5	1.316	2,8	23.829	53,9	11.600	11,8
	Cop I - III	5.111	10,9	167	2,3	2.105	8,3	158	0,3	1.657	3,8	1.050	1,1
	Cop IV + V	2.611	5,6	500	6,9	421	1,7	526	1,1	1.257	2,8	300	0,3
	Adulti Summe	2.000	4,3	1.583	21,8	2.158	8,5	789	1,7	7.886	17,9	1.150	1,2
	Adulti	1.056	2,3	500	6,9	1.526	6,0	474	1,0	800	1,8		
<i>A. bifilosa</i>	Adulti	556	1,2	833	11,5	316	1,2					300	0,3
<i>A. tonsa</i>	Adulti	389	0,8	250	3,4	316	1,2	316	0,7	7.086	16,0	850	0,9
<i>C. hamatus</i>	Naupliusstadien	556	1,2	333	4,6	211	0,8	1.684	3,6	914	2,1	2.150	2,2
	Cop I - III	2.111	4,5			53	0,2	53	0,1	57	0,1	800	0,8
	Cop IV + V	2.000	4,3	250	3,4	158	0,6	53	0,1			150	0,2
	Adulti	389	0,8	833	11,5	632	2,5	2.474	5,3	514	1,2	50	0,1
<i>T. longicornis</i>	Naupliusstadien	444	0,9	417	5,7	1.316	5,2			57	0,1	2.450	2,5
	Cop I - III					105	0,4					1.500	1,5
	Cop IV + V	111	0,2			105	0,4					400	0,4
	Adulti	278	0,6	167	2,3	737	2,9	105	0,2			100	0,1
<i>E. affinis</i>	Naupliusstadien												
	Cop I - III												
	Cop IV + V												
	Adulti												
<i>P. parvus</i>	Naupliusstadien							105	0,2			1.750	1,8
	Cop I - III											600	0,6
	Cop IV + V											1.000	1,0
	Adulti	56	0,1					53	0,1			450	0,5
<i>Pseudocalanus</i> spp.	Naupliusstadien									57	0,1		
	Cop I - III									114	0,3		
	Cop IV + V	111	0,2										
	Adulti	111	0,2										
<i>O. similis</i>	Naupliusstadien	167	0,4					1.421	3,1			29.150	29,6
	Cop I - III	167	0,4					53	0,1			1.250	1,3
	Cop IV + V	56	0,1					53	0,1			2.100	2,1
	Adulti	222	0,5					263	0,6			5.850	5,9
Cyclopidae	Naupliusstadien												
	Cop I - III												
	Cop IV + V												
	Adulti												
Coepoda (undef.)	Naupliusstadien	222	0,5	167	2,3	211	0,8	1.474	3,2	1.029	2,3	2.000	2,0

		SK1											
		April		Mai		Juni		Juli		August		September	
		[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]
<i>Acartia</i> spp.	Naupliusstadien	7.250	38,2	19.450	41,0	30.625	55,2	54.850	61,6	14.051	24,8	13.529	8,5
	Cop I - III	1.800	9,5	1.700	3,6	5.250	9,5	8.650	9,7	2.769	4,9	471	0,3
	Cop IV + V	1.450	7,6	650	1,4	500	0,9	500	0,6	667	1,2	412	0,3
	Adulti Summe	2.650	13,9	3.400	7,2	1.313	2,4	400	0,4	1.179	2,1	529	0,3
	Adulti	1.400	7,4	3.050	6,4	1.125	2,0	50	0,1				
<i>A. bifilosa</i>	Adulti	500	2,6	50	0,1							59	0,04
<i>A. tonsa</i>	Adulti	750	3,9	300	0,6	188	0,3	350	0,4	1.179	2,1	471	0,3
<i>C. hamatus</i>	Naupliusstadien	50	0,3	250	0,5	375	0,7	750	0,8	3.385	6,0	1.824	1,1
	Cop I - III	100	0,5	250	0,5	188	0,3	50	0,1	205	0,4	588	0,4
	Cop IV + V	1.150	6,1	550	1,2	63	0,1			51	0,1	118	0,1
	Adulti	700	3,7	300	0,6			50	0,1	205	0,4		
<i>T. longicornis</i>	Naupliusstadien			450	0,9	1.438	2,6	100	0,1			706	0,4
	Cop I - III	100	0,5	50	0,1	250	0,5					59	0,04
	Cop IV + V	100	0,5			188	0,3					118	0,1
	Adulti	400	2,1	100	0,2	125	0,2					59	0,04
<i>E. affinis</i>	Naupliusstadien							50	0,1				
	Cop I - III	50	0,3										
	Cop IV + V												
	Adulti												
<i>P. parvus</i>	Naupliusstadien							50	0,1	256	0,5	4.353	2,7
	Cop I - III									256	0,5	2.294	1,4
	Cop IV + V									51	0,1	1.588	1,0
	Adulti											353	0,2
<i>Pseudocalanus</i> spp.	Naupliusstadien												
	Cop I - III												
	Cop IV + V	50	0,3										
	Adulti												
<i>O. similis</i>	Naupliusstadien			250	0,5	63	0,1	550	0,6	769	1,4	40.353	25,3
	Cop I - III			50	0,1	63	0,1	50	0,1	205	0,4	3.471	2,2
	Cop IV + V	50	0,3							256	0,5	4.412	2,8
	Adulti	50	0,3	150	0,3	125	0,2			51	0,1	12.765	8,0
Cyclopidae	Naupliusstadien	100	0,5			125	0,2						
	Cop I - III												
	Cop IV + V												
	Adulti												
Coepoda (undef.)	Naupliusstadien	500	2,6	3.200	6,8	938	1,7	11.150	12,5	3.897	6,9	3.294	2,1

Anpassung seewärtige Zufahrt Seehafen Rostock - Plankton und Wasserqualität

Fortsetzung Tabelle 7

		B2											
		April		Mai		Juni		Juli		August		September	
		[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]
<i>Acartia</i> spp.	Naupliusstadien	3.300	42,9	24.650	42,2	46.650	51,9	72.632	69,1	27.300	29,0	11.500	6,8
	Cop I - III	350	4,5	3.000	5,1	7.950	8,9	7.474	7,1	5.300	5,6	800	0,5
	Cop IV + V	200	2,6	450	0,8	2.800	3,1	2.368	2,3	2.350	2,5	100	0,1
	Adulti Summe	1.200	15,6	1.950	3,3	3.000	3,3	789	0,8	3.700	3,9	250	0,1
	Adulti	500	6,5	1.800	3,1	2.300	2,6	53	0,1				
<i>A. bifilosa</i>	Adulti	300	3,9	50	0,1								
<i>A. longiremis</i>	Adulti	400	5,2	100	0,2	700	0,8	737	0,7	3.700	3,9	250	0,1
<i>C. hamatus</i>	Naupliusstadien			200	0,3	650	0,7	1.579	1,5	2.100	2,2	800	0,5
	Cop I - III	250	3,2	100	0,2	250	0,3	632	0,6	300	0,3	250	0,1
	Cop IV + V	1.150	14,9	300	0,5	150	0,2	53	0,1			50	0,03
	Adulti	450	5,8	600	1,0	50	0,1	0	0,0	50	0,1		
<i>T. longicornis</i>	Naupliusstadien	50	0,6	350	0,6	1.000	1,1	105	0,1			50	0,03
	Cop I - III					350	0,4	105	0,1			100	0,1
	Cop IV + V	50	0,6			100	0,1	53	0,1				
	Adulti			200	0,3	150	0,2						
<i>E. affinis</i>	Naupliusstadien			50	0,1	250	0,3	211	0,2				
	Cop I - III			200	0,3	50	0,1						
	Cop IV + V			50	0,1								
	Adulti												
<i>P. parvus</i>	Naupliusstadien	25	0,3							200	0,2	700	0,4
	Cop I - III									150	0,2	1.600	1,0
	Cop IV + V									100	0,1	950	0,6
	Adulti									50	0,1	150	0,1
<i>Pseudocalanus</i> spp.	Naupliusstadien	25	0,3										
	Cop I - III												
	Cop IV + V												
	Adulti												
<i>O. similis</i>	Naupliusstadien			200	0,3			105	0,1	650	0,7	12.650	7,5
	Cop I - III									200	0,2	1.450	0,9
	Cop IV + V							211	0,2	400	0,4	2.050	1,2
	Adulti									100	0,1	2.750	1,6
Cyclopidae	Naupliusstadien	100	1,3										
	Cop I - III												
	Cop IV + V												
	Adulti												
Coepoda (undef.)	Naupliusstadien	50	0,6	750	1,3	1.400	1,6	6.579	6,3	850	0,9	2.500	1,5

		B1											
		April		Mai		Juni		Juli		August		September	
		[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]
<i>Acartia</i> spp.	Naupliusstadien	8.200	47,3	34.250	40,1	56.050	46,7	107.500	33,5	46.450	26,8	7.700	7,0
	Cop I - III	600	3,5	3.800	4,4	10.000	8,3	135.650	42,2	7.400	4,3	1.200	1,1
	Cop IV + V	500	2,9	350	0,4	1.750	1,5	41.350	12,9	250	0,1	350	0,3
	Adulti Summe	550	3,2	1.450	1,7	2.500	2,1	9.650	3,0	100	0,1	50	0,05
	Adulti	100	0,6	800	0,9	2.300	1,9	200	0,1				
<i>A. bifilosa</i>	Adulti	400	2,3	150	0,2	50	0,04						
<i>A. tonsa</i>	Adulti	50	0,3	500	0,6	150	0,1	9.450	2,9	100	0,1	50	0,05
<i>C. hamatus</i>	Naupliusstadien	400	2,3	250	0,3	750	0,6	450	0,1	4.050	2,3	200	0,2
	Cop I - III	600	3,5			450	0,4	150	0,05	450	0,3	50	0,05
	Cop IV + V	2.250	13,0			50	0,04	150	0,05	100	0,1		
	Adulti	650	3,7	100	0,1	200	0,2	50	0,02	50	0,03		
<i>T. longicornis</i>	Naupliusstadien	50	0,3	200	0,2	450	0,4					50	0,05
	Cop I - III					350	0,3	50	0,02				
	Cop IV + V												
	Adulti	50	0,3	200	0,2	250	0,2						
<i>E. affinis</i>	Naupliusstadien			50	0,1			200	0,1				
	Cop I - III	50	0,3			50	0,04	50	0,02				
	Cop IV + V												
	Adulti												
<i>P. parvus</i>	Naupliusstadien									300	0,2	300	0,3
	Cop I - III									350	0,2	50	0,05
	Cop IV + V									200	0,1	400	0,4
	Adulti									50	0,03	50	0,05
<i>Pseudocalanus</i> spp.	Naupliusstadien												
	Cop I - III												
	Cop IV + V												
	Adulti												
<i>O. similis</i>	Naupliusstadien									1.000	0,6	2.250	2,0
	Cop I - III									250	0,1	1.450	1,3
	Cop IV + V					50	0,04			550	0,3	1.250	1,1
	Adulti									300	0,2	1.850	1,7
Cyclopidae	Naupliusstadien	100	0,6	50	0,1	5.200	4,3						
	Cop I - III					150	0,1						
	Cop IV + V												
	Adulti												
Coepoda (undef.)	Naupliusstadien	350	2,0	450	0,5	900	0,8	4.300	1,3	4.100	2,4	3.200	2,9

Fortsetzung Tabelle 7

		UW											
		April		Mai		Juni		Juli		August		September	
		[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]	[Ind. m ⁻³]	[%]
<i>Acartia</i> spp.	Naupliusstadien	3.050	45,9	87.550	54,6	57.550	34,1	55.800	74,8	35.250	27,3	9.600	2,1
	Cop I - III	150	2,3	11.000	6,9	3.450	2,0	2.400	3,2	5.550	4,3	1.100	0,2
	Cop IV + V			1.500	0,9	500	0,3	100	0,1	150	0,1	600	0,1
	Adulti Summe	150	2,3	4.950	3,1	800	0,5			100	0,1	200	0,04
<i>A. bifilosa</i>	Adulti	50	0,8	3.600	2,2	800	0,5			50	0,04		
<i>A. longiremis</i>	Adulti	100	1,5	500	0,3								
<i>A. tonsa</i>	Adulti			850	0,5					50	0,0	200	0,04
<i>C. hamatus</i>	Naupliusstadien			450	0,3	600	0,4	200	0,3	8.500	6,6	1.150	0,3
	Cop I - III	100	1,5							300	0,2	200	0,04
	Cop IV + V	200	3,0	400	0,2			50	0,1	150	0,1		
	Adulti	100	1,5	1.050	0,7								
<i>T. longicornis</i>	Naupliusstadien			600	0,4	950	0,6			200	0,2	150	0,03
	Cop I - III	50	0,8	50	0,03	200	0,1					50	0,01
	Cop IV + V											50	0,01
	Adulti			550	0,3								
<i>E. affinis</i>	Naupliusstadien			100	0,1	650	0,4					50	0,01
	Cop I - III	50	0,8	50	0,03	50	0,03						
	Cop IV + V												
	Adulti												
<i>P. parvus</i>	Naupliusstadien									700	0,5		
	Cop I - III									450	0,3	550	0,1
	Cop IV + V									150	0,1	350	0,1
	Adulti											50	0,01
<i>Pseudocalanus</i> spp.	Naupliusstadien			100	0,1								
	Cop I - III												
	Cop IV + V	50	0,8										
	Adulti			50	0,03								
<i>O. similis</i>	Naupliusstadien			100	0,1	50	0,03	250	0,3	1.800	1,4	2.200	0,5
	Cop I - III									450	0,3	1.650	0,4
	Cop IV + V							100	0,1	750	0,6	1.650	0,4
	Adulti			100	0,1			50	0,1	250	0,2	900	0,2
Cyclopidae	Naupliusstadien	150	2,3			50	0,03						
	Cop I - III					100	0,1					50	0,01
	Cop IV + V					50	0,03						
	Adulti												
Coepoda (undef.)	Naupliusstadien	900	13,5	800	0,5	900	0,5	3.500	4,7	3.450	2,7	1.250	0,3

4.3 Biomasse

Insgesamt nahm, wie die Abundanz, auch die Zooplanktonbiomasse, hier definiert als Kohlenstoffkonzentration, an den untersuchten Stationen über den Verlauf der Vegetationsperiode tendenziell zu, jedoch ohne deutliche Ausprägung von größten Unterschieden zwischen der Außenstation und einer der im Flachwasser des inneren Küstengewässers gelegenen Stationen. Die höchsten Biomassen wurden außer im April zwar immer an einer der Flachwasser-Stationen gefunden, jedoch konnte an der anderen Flachwasser-Station gleichzeitig die niedrigste Biomasse des Probenahmezeitpunktes festgestellt werden (z.B. im Juli; Tabelle 8 und Abbildung 21). Die die Biomasse dominierende taxonomische Gruppe war im April an allen Stationen, im Mai und August an Station SK2 und im Juli an Station B1 die der Coepoda (jeweils inkl. Naupliusstadien >70%). Aber auch andere Gruppen konnten hinsichtlich der prozentualen Anteile ihrer Biomasse über die Hälfte der Gesamtzooplanktonbiomasse erreichen: Cirripedia im Juni mit 74,2% an Station UW und mit 55,0% im Mai an Station B2; Rotifera mit 76,9% im September an Station UW; Mollusca-Larven mit 54,3% im Juli an Station SK2 und Polychaeta-Larven mit 50,2% im September an Station B1.

Tabelle 8: Biomasse und prozentuale Anteile der Zooplanktongruppen an den 5 Stationen im Untersuchungszeitraum. Cirripedia mit Cyprisstadienanteil: ^{1b} 330 µg C, ^{2b} 220 µg C, ^{3b} 110 µg C, ^{4b} 440 µg C; ■: Anteil 10-30 %, ■: Anteil 30-50 % ■: Anteil > 50 %.

		SK2		SK1		B2		B1		UW	
		[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]
April	Gesamt Individuen	17.163		13.492		5.834		8.304		1.638	
	Naupliusstadien	1.127	6,6	279	2,1	137	2,3	299	3,6	188	11,5
	Copepoda	14.519	84,6	12.162	90,1	5.581	95,7	6.545	78,8	1.123	68,6
	Cladocera	831	4,8	481	3,6			1.094	13,2		
	Cirripedia	41	0,2	183	1,4	37	0,6			37	2,2
	Harpacticoida										
	Mollusca	96	0,6								
	Polychaeta			58	0,4						
	Appendicularia										
	Rotifera	550	3,2	329	2,4	79	1,4	366	4,4	288	17,6
	Tintinnida									2	0,1
alle anderen											
Mai	Gesamt Individuen	7.277		22.777		26.523		46.884		59.708	
	Naupliusstadien	151	2,1	881	3,9	851	3,2	830	1,8	2.292	3,8
	Copepoda	6.290	86,4	8.645	38,0	7.018	26,5	4.039	8,6	17.384	29,1
	Cladocera	627	8,6	1.275	5,6	1.107	4,2	2.634	5,6	3.721	6,2
	Cirripedia	61	0,8	8.041	35,3	14.583	55,0	13.816	29,5	29.314 ^{1b}	49,1
	Harpacticoida			75	0,3			425	0,9	50	0,1
	Mollusca	147	2,0	1.999	8,8	1.040	3,9	1.813	3,9	3.497	5,9
	Polychaeta			1.624	7,1	1.508	5,7	23.258	49,6	3.132	5,2
	Appendicularia										
	Rotifera			238	1,0	416	1,6	69	0,1	318	0,5
	Tintinnida										
alle anderen											
Juni	Gesamt Individuen	18.838		18.328		33.092		47.952		82.856	
	Naupliusstadien	459	2,4	1.100	6,0	1.909	5,8	2.113	4,4	1.132	1,4
	Copepoda	8.328	44,2	4.249	23,2	10.597	32,0	9.273	19,3	2.345	2,8
	Cladocera	1.987	10,5	1.276	7,0	1.739	5,3	3.242	6,8	1.171	1,4
	Cirripedia	38	0,2	4.477	24,4	11.002 ^{2b}	33,2	14.145 ^{3b}	29,5	61.442 ^{4b}	74,2
	Harpacticoida							1.650	3,4	100	0,1
	Mollusca	8.025	42,6	4.470	24,4	4.944	14,9	7.378	15,4	6.737	8,1
	Polychaeta			2.755	15,0	2.900	8,8	10.150	21,2	9.918	12,0
	Appendicularia										
	Rotifera										
	Tintinnida					1	0,004	1	0,001	11	0,01
alle anderen											
Juli	Gesamt Individuen	50.293		16.391		18.172		119.265		10.865	
	Naupliusstadien	337	0,7	2.988	18,2	2.781	15,3	5.347	4,5	2.311	21,3
	Copepoda	9.202	18,3	3.669	22,4	6.147	33,8	92.411	77,5	701	6,4
	Cladocera	1.397	2,8	89	0,5	261	1,4	26	0,02	26	0,2
	Cirripedia			1.097	6,7	731	4,0	5.483	4,6	1.170	10,8
	Harpacticoida									25	0,2
	Mollusca	27.318	54,3	2.320	14,2	2.260	12,4	1.734	1,5	1.361	12,5
	Polychaeta			5.452	33,3	5.922	32,6	14.210	11,9	5.220	48,0
	Appendicularia	11.937	23,7	756	4,6						
	Rotifera			20	0,1	12	0,1	1	0,001	50	0,5
	Tintinnida	46	0,1							1	0,01
alle anderen	56	0,1			56	0,3	53	0,04			
August	Gesamt Individuen	27.992		24.983		33.081		52.292		26.661	
	Naupliusstadien	725	2,6	1.191	4,8	1.022	3,1	2.557	4,9	1.557	5,8
	Copepoda	19.781	70,7	4.678	18,7	12.269	37,1	2.779	5,3	2.046	7,7
	Cladocera	2.122	7,6	548	2,2	497	1,5	863	1,6	300	1,1
	Cirripedia	42	0,1	1.012	4,1	585	1,8	3.582	6,8	1.499	5,6
	Harpacticoida										
	Mollusca	4.669	16,7	7.408	29,7	2.425	7,3	2.515	4,8	5.387	20,2
	Polychaeta	0	0,0	5.116	20,5	7.018	21,2	24.476	46,8	2.494	9,4
	Appendicularia	617	2,2	1.994	8,0	1.404	4,2	432	0,8	1.512	5,7
	Rotifera	34	0,1	3.036	12,2	7.862	23,8	15.088	28,9	11.866	44,5
	Tintinnida	1	0,003								
alle anderen											
September	Gesamt Individuen	22.704		57.545		52.744		34.397		83.253	
	Naupliusstadien	1.595	7,0	2.251	3,9	966	1,8	772	2,2	554	0,7
	Copepoda	9.945	43,8	13.738	23,9	5.289	10,0	2.601	7,6	2.944	3,5
	Cladocera	720	3,2	80	0,1	136	0,3	124	0,4	422	0,5
	Cirripedia			1.118	1,9	694	1,3	2.047	6,0	1.206	1,4
	Harpacticoida					50	0,1	1.625	4,7	25	0,03
	Mollusca	1.522	6,7	6.024	10,5	3.518	6,7	1.089	3,2	3.397	4,1
	Polychaeta	290	1,3	15.148	26,3	14.326	27,2	17.284	50,2	7.656	9,2
	Appendicularia	8.532	37,6	14.612	25,4	6.912	13,1	324	0,9	3.024	3,6
	Rotifera	100	0,4	4.524	7,9	20.810	39,5	8.519	24,8	64.020	76,9
	Tintinnida			20	0,03	43	0,1	14	0,04	6	0,01
alle anderen			31	0,1							

Für Zooplanktongemeinschaften gilt nicht automatisch, dass der größte Biomasseanteil von der taxonomischen Gruppe gebildet wird, deren Abundanz am höchsten ist (z.B. Gegensatz: im September an Station UW; im Juli an Station B1). Insbesondere dann nicht, wenn Rotifera und/oder Naupliusstadien der Copepoda dominieren, wie es im Untersuchungsgebiet und -zeitraum häufig der Fall war, denn beide Gruppen enthalten nur sehr wenig Kohlenstoff (Tabelle 8). Wird die Gemeinschaft hingegen von Copepoditstadien und Adulti der Copepoda dominiert, so sind auch die Biomassen dieser Taxa hoch (z.B. im Juli an Station B1). Hier gilt dann, hoher Anteil der Abundanz entspricht auch einem hohen Biomasseanteil beziehungsweise auf die jeweilige gesamte Zooplanktongemeinschaft. Hoher Anteil der Biomasse ist auch zu erwarten, wenn eine hohe Abundanz der Mollusca-Larven vorliegt (z.B. im Juli an Station SK2). Natürlich können auch Rotifera die Biomasse dominieren, dann sind sie aber auch nahezu die einzigen Vertreter der vorhandenen Zooplanktongemeinschaft (z.B. an der Station UW im August und September). Bei den Polychaeta-Larven können bereits geringe Individuendichte einen deutlich erhöhten Biomasseanteil ausmachen. So sind die prozentualen Anteile an der Gesamtbiomasse der einzelnen Taxa bzw. taxonomischen Gruppen im Vergleich zu deren Abundanzen oftmals deutlich zu den genannten kohlenstoffreichen Vertretern hin verschoben (Vergleich Abbildung 16 und Abbildung 22).

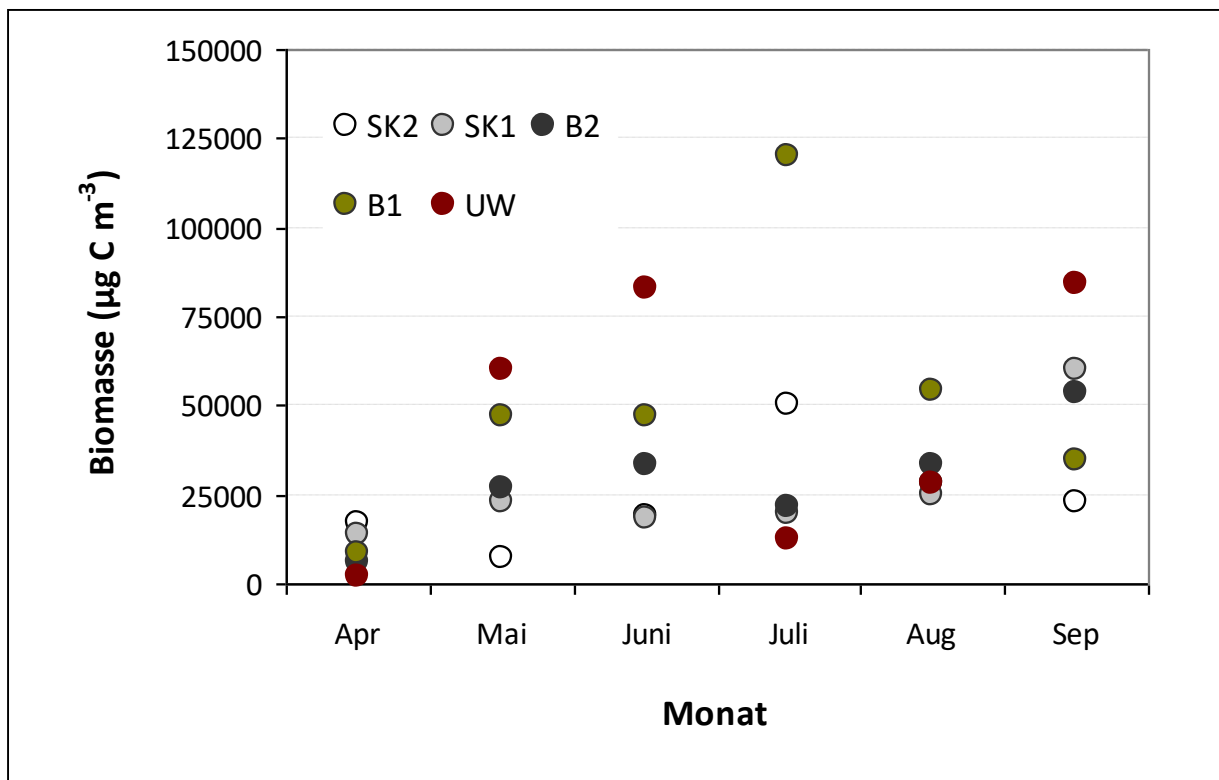


Abbildung 21: Variabilität der Biomasse der Zooplanktongemeinschaften an den 5 Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016.

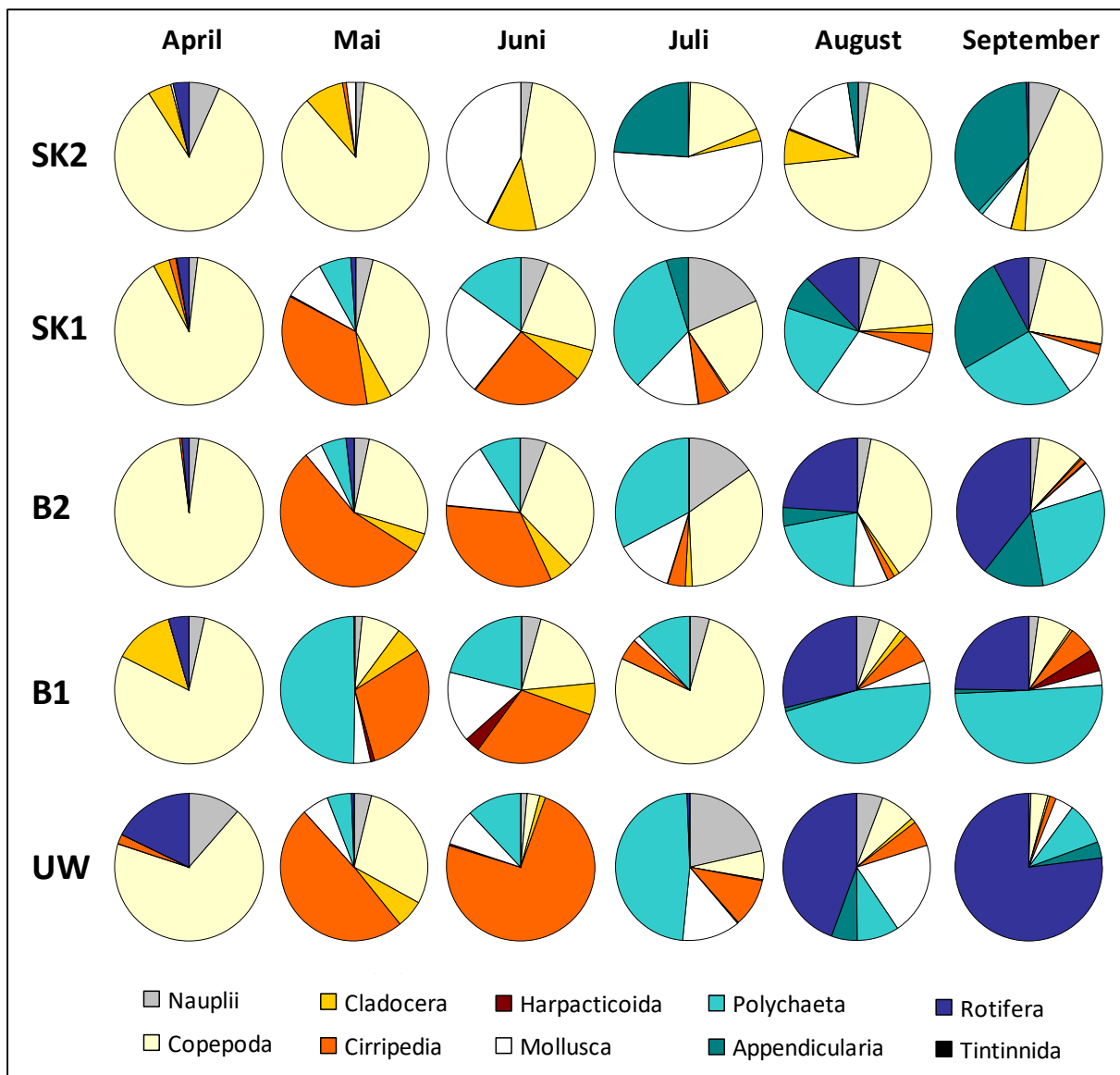


Abbildung 22 Anteile der Gesamtbiomasse der Zooplanktongemeinschaften an den 5 Stationen im Verlauf der Vegetationsperiode 2016.

In Tabelle 9 sind die Abundanzen der Copepoda und ihrer Entwicklungsstadien sowie deren Anteile an der Gesamtzooplanktongesellschaft für den Untersuchungszeitraum April bis September 2016 aufgeführt. Die verschiedenen *Acartia*-Arten waren hinsichtlich ihrer Biomasse dominierend. Teilweise erreichten aber auch die verschiedenen Stadien von *Centropages hamatus*, *Oithona similis* und *Pseudocalanus* spp. nennenswerte Anteile von über 10%.

Tabelle 9: Biomasse und prozentuale Anteile der unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Copepoda-Arten bezogen auf die Gesamtbiomasse aller Zooplanktonarten an den 5 Stationen im Untersuchungszeitraum. ■: Anteil 10-30 %, ■: Anteil 30-50 % ■: Anteil > 50 %.

		SK2											
		April		Mai		Juni		Juli		August		September	
		[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]
<i>Acartia</i> spp.	Naupliusstadien	1.000	5,8	64	0,9	266	1,4	35	0,1	525	1,9	381	1,7
	Cop I - III	1.299	7,6	51	0,7	486	2,6	58	0,1	398	1,4	286	1,3
	Cop IV + V	2.262	13,2	495	6,8	310	1,6	491	1,0	1.301	4,6	294	1,3
	Adulti Summe	3.598	21,0	2.636	36,2	3.425	18,2	1.219	2,4	16.468	58,8	2.108	9,3
<i>A. bifilosa</i>	Adulti	2.117	12,3	914	12,6	2.448	13,0	662	1,3	1.553	5,5		
<i>A. longiremis</i>	Adulti	777	4,5	1.305	17,9	460	2,4					351	1,5
<i>A. tonsa</i>	Adulti	705	4,1	417	5,7	517	2,7	557	1,1	14.915	53,3	1.757	7,7
<i>C. hamatus</i>	Naupliusstadien	59	0,3	15	0,2	20	0,1	68	0,1	44	0,2	127	0,6
	Cop I - III	1.220	7,1			30	0,2	10	0,02	11	0,04	240	1,1
	Cop IV + V	2.830	16,5	403	5,5	278	1,5	122	0,2			234	1,0
	Adulti	1.205	7,0	2.285	31,4	1.907	10,1	6.625	13,2	1.553	5,5	135	0,6
<i>T. longicornis</i>	Naupliusstadien	33	0,2	50	0,7	143	0,8			2	0,01	248	1,1
	Cop I - III					29	0,2					329	1,4
	Cop IV + V	172	1,0			154	0,8					227	1,0
	Adulti	857	5,0	421	5,8	1.710	9,1	405	0,8			252	1,1
<i>E. affinis</i>	Naupliusstadien												
	Cop I - III												
	Cop IV + V												
	Adulti												
<i>P. parvus</i>	Naupliusstadien							10	0,02			192	0,8
	Cop I - III											334	1,5
	Cop IV + V											1.439	6,3
	Adulti	128	0,3					139	0,3			1.147	5,1
<i>Pseudocalanus</i> spp.	Naupliusstadien									14	0,05		
	Cop I - III									50	0,2		
	Cop IV + V	317	0,7										
	Adulti	472	1,0										
<i>O. similis</i>	Naupliusstadien	4	0,01					21	0,04			373	1,6
	Cop I - III	12	0,03					3	0,01			90	0,4
	Cop IV + V	13	0,03					18	0,04			409	1,8
	Adulti	135	0,3					114	0,2			2.421	10,7
Cyclopidae	Naupliusstadien												
	Cop I - III												
	Cop IV + V												
	Adulti												
Copepoda (undef.)	Naupliusstadien	31	0,1	23	0,3	29	0,2	202	0,4	141	0,5	275	1,2
		SK1											
		April		Mai		Juni		Juli		August		September	
		[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]
<i>Acartia</i> spp.	Naupliusstadien	201	1,5	393	1,7	786	4,3	1.375	6,9	387	1,6	293	0,5
	Cop I - III	551	4,1	368	1,6	991	5,4	2.058	10,4	577	2,3	129	0,2
	Cop IV + V	1.389	10,3	619	2,7	417	2,3	446	2,2	549	2,2	409	0,7
	Adulti Summe	5.098	37,8	5.689	25,0	2.094	11,4	989	5,0	2.471	9,9	1.080	1,8
<i>A. bifilosa</i>	Adulti	2.990	22,2	5.179	22,7	1.813	9,9	122	0,6				
<i>A. longiremis</i>	Adulti	726	5,4	72	0,3							79	0,1
<i>A. tonsa</i>	Adulti	1.382	10,2	438	1,9	281	1,5	867	4,4	2.471	9,9	1.001	1,7
<i>C. hamatus</i>	Naupliusstadien	1	0,01	16	0,1	9	0,05	18	0,1	210	0,8	78	0,1
	Cop I - III	38	0,3	147	0,6	32	0,2	8	0,04	40	0,2	254	0,4
	Cop IV + V	1.689	12,5	773	3,4	145	0,8			42	0,2	170	0,3
	Adulti	2.123	15,7	754	3,3			167	0,8	683	2,7		
<i>T. longicornis</i>	Naupliusstadien			26	0,1	157	0,9	22	0,1			53	0,1
	Cop I - III	70	0,5	20	0,1	72	0,4					23	0,04
	Cop IV + V	129	1,0			122	0,7					96	0,2
	Adulti	829	6,1	194	0,9	284	1,6					280	0,5
<i>E. affinis</i>	Naupliusstadien							7	0,04				
	Cop I - III												
	Cop IV + V												
	Adulti	27	0,2										
<i>P. parvus</i>	Naupliusstadien							26	0,1	47	0,2	478	0,8
	Cop I - III									150	0,6	1.299	2,2
	Cop IV + V									94	0,4	2.502	4,2
	Adulti											850	1,4
<i>Pseudocalanus</i> spp.	Naupliusstadien												
	Cop I - III												
	Cop IV + V	180	1,3										
	Adulti												
<i>O. similis</i>	Naupliusstadien			7	0,03	2	0,01	10	0,05	12	0,05	897	1,5
	Cop I - III			3	0,01	4	0,02	2	0,01	12	0,05	219	0,4
	Cop IV + V	12	0,1					39	0,2			992	1,7
	Adulti	28	0,2	79	0,3	88	0,5			21	0,1	5.437	9,1
Cyclopidae	Naupliusstadien	9	0,1			17	0,1						
	Cop I - III												
	Cop IV + V												
	Adulti												
Copepoda (undef.)	Naupliusstadien	69	0,5	439	1,9	129	0,7	1.530	7,7	535	2,1	452	0,8

Anpassung seewärtige Zufahrt Seehafen Rostock - Plankton und Wasserqualität

Fortsetzung Tabelle 9

		B2											
		April		Mai		Juni		Juli		August		September	
		[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]
<i>Acartia</i> spp.	Naupliusstadien	105	1,8	712	2,7	1.482	4,5	1.796	8,4	715	2,2	294	0,5
	Cop I - III	115	2,0	629	2,4	2.228	6,7	1.871	8,7	1.427	4,3	177	0,3
	Cop IV + V	169	2,9	412	1,6	2.361	7,1	2.236	10,4	2.224	6,7	80	0,2
	Adulti Summe	2.263	38,8	3.322	12,5	4.978	15,0	1.700	7,9	7.989	24,2	557	1,0
	Adulti	1.083	18,6	3.115	11,7	3.629	11,0	75	0,3				
<i>A. bifilosa</i>	Adulti	423	7,2	89	0,3								
<i>A. longiremis</i>	Adulti	758	13,0	118	0,4	1.350	4,1	1.625	7,6	7.989	24,2	557	1,0
<i>A. tonsa</i>	Adulti												
<i>C. hamatus</i>	Naupliusstadien			6	0,02	34	0,1	49	0,2	158	0,5	26	0,05
	Cop I - III	171	2,9	47	0,2	80	0,2	140	0,7	90	0,3	116	0,2
	Cop IV + V	1.589	27,2	448	1,7	201	0,6	87	0,4			51	0,1
	Adulti	1.217	20,9	1.513	5,7	135	0,4			116	0,4		
	Adulti			491	1,9	379	1,1						
<i>T. longicornis</i>	Naupliusstadien	7	0,1	17	0,1	166	0,5	3	0,01			14	0,03
	Cop I - III					101	0,3	32	0,1			22	0,04
	Cop IV + V	57	1,0			107	0,3	46	0,2				
	Adulti												
	Adulti												
<i>E. affinis</i>	Naupliusstadien			7	0,0	35	0,1	29	0,1				
	Cop I - III			108	0,4	27	0,1						
	Cop IV + V			48	0,2								
	Adulti												
	Adulti												
<i>P. parvus</i>	Naupliusstadien	7	0,1							23	0,1	61	0,1
	Cop I - III									57	0,2	838	1,6
	Cop IV + V									108	0,3	1.330	2,5
	Adulti									123	0,4	361	0,7
	Adulti												
<i>Pseudocalanus</i> spp.	Naupliusstadien	7	0,1										
	Cop I - III												
	Cop IV + V												
	Adulti												
	Adulti												
<i>O. similis</i>	Naupliusstadien			6	0,02			2	0,01	9	0,03	229	0,4
	Cop I - III							12	0,03			93	0,2
	Cop IV + V							36	0,2	82	0,2	473	0,9
	Adulti									41	0,1	1.190	2,2
	Adulti												
Cyclopidae	Naupliusstadien	4	0,1										
	Cop I - III												
	Cop IV + V												
	Adulti												
Copepoda (undef.)	Naupliusstadien	7	0,1	103	0,4	192	0,6	903	4,2	117	0,4	343	0,6
		B1											
		April		Mai		Juni		Juli		August		September	
		[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]	[µg C m ⁻³]	[%]
<i>Acartia</i> spp.	Naupliusstadien	182	2,2	723	1,5	1.181	2,5	4.680	3,9	1.685	3,1	214	0,6
	Cop I - III	195	2,3	730	1,6	2.051	4,3	35.658	29,8	1.294	2,4	284	0,8
	Cop IV + V	392	4,7	290	0,6	1.520	3,2	40.307	33,7	220	0,4	317	0,9
	Adulti Summe	869	10,5	2.271	4,8	4.038	8,4	16.108	13,5	188	0,3	79	0,2
	Adulti	210	2,5	1.325	2,8	3.758	7,8	334	0,3				
<i>A. bifilosa</i>	Adulti	566	6,8	185	0,4	72	0,1						
<i>A. tonsa</i>	Adulti	93	1,1	760	1,6	208	0,4	15.774	13,2	188	0,3	79	0,2
<i>C. hamatus</i>	Naupliusstadien	44	0,5	21	0,04	34	0,1	49	0,04	216	0,4	11	0,03
	Cop I - III	270	3,2			136	0,3	37	0,03	93	0,2	16	0,05
	Cop IV + V	2.965	35,7			69	0,1	166	0,1	126	0,2		
	Adulti	1.736	20,9	263	0,6	625	1,3	99	0,1	116	0,2		
	Adulti												
<i>T. longicornis</i>	Naupliusstadien	4	0,04	11	0,02	61	0,1	9	0,01			2	0,01
	Cop I - III					97	0,2						
	Cop IV + V												
	Adulti	92	1,1	486	1,0	523	1,1						
	Adulti												
<i>E. affinis</i>	Naupliusstadien			7	0,01			28	0,02				
	Cop I - III	27	0,3			27	0,1	27	0,02				
	Cop IV + V												
	Adulti												
	Adulti												
<i>P. parvus</i>	Naupliusstadien									73	0,1	34	0,1
	Cop I - III									174	0,3	14	0,04
	Cop IV + V									206	0,4	651	1,9
	Adulti									132	0,2	107	0,3
	Adulti												
<i>Pseudocalanus</i> spp.	Naupliusstadien												
	Cop I - III												
	Cop IV + V												
	Adulti												
	Adulti												
<i>O. similis</i>	Naupliusstadien									20	0,04	72	0,2
	Cop I - III									15	0,03	111	0,3
	Cop IV + V					10	0,02			93	0,2	248	0,7
	Adulti									123	0,2	772	2,2
	Adulti												
Cyclopidae	Naupliusstadien	21	0,3	7	0,01	714	1,5						
	Cop I - III					177	0,4						
	Cop IV + V												
	Adulti												
Copepoda (undef.)	Naupliusstadien	48	0,6	62	0,1	124	0,3	590	0,5	563	1,0	439	1,3

Fortsetzung Tabelle 9

		UW											
		April		Mai		Juni		Juli		August		September	
		[$\mu\text{g C m}^{-3}$]	[%]	[$\mu\text{g C m}^{-3}$]	[%]	[$\mu\text{g C m}^{-3}$]	[%]	[$\mu\text{g C m}^{-3}$]	[%]	[$\mu\text{g C m}^{-3}$]	[%]	[$\mu\text{g C m}^{-3}$]	[%]
<i>Acartia</i> spp.	Naupliusstadien	56	3,4	2.102	3,5	811	1,0	1.812	14,3	494	1,8	288	0,3
	Cop I - III	54	3,3	3.015	5,0	678	0,8	544	4,3	886	3,2	309	0,4
	Cop IV + V			1.305	2,2	397	0,5	80	0,6	137	0,5	503	0,6
	Adulti Summe	219	13,3	7.990	13,4	1.186	1,4			180	0,6	405	0,5
	Adulti	85	5,2	6.019	10,1	1.186	1,4			118	0,4		
<i>A. bifilosa</i>	Adulti	133	8,1	730	1,2					62	0,2	405	0,5
<i>A. longiremis</i>	Adulti			1.241	2,1								
<i>A. tonsa</i>	Adulti												
<i>C. hamatus</i>	Naupliusstadien			24	0,04	9	0,01	15	0,1	439	1,6	42	0,05
	Cop I - III	47	2,9							50	0,2	91	0,1
	Cop IV + V	310	18,9	649	1,1			41	0,3	188	0,7		
	Adulti	280	17,1	2.660	4,5								
<i>T. longicornis</i>	Naupliusstadien			40	0,1	96	0,1			6	0,02	12	0,01
	Cop I - III	17	1,0			57	0,1					9	0,01
	Cop IV + V											14	0,02
	Adulti			1.430	2,4								
<i>E. affinis</i>	Naupliusstadien			14	0,02	91	0,1					7	0,01
	Cop I - III	27	1,6	27	0,05	27	0,03						
	Cop IV + V												
	Adulti												
<i>P. parvus</i>	Naupliusstadien									107	0,4		
	Cop I - III									230	0,8	304	0,4
	Cop IV + V									132	0,5	384	0,5
	Adulti											132	0,2
<i>Pseudocalanus</i> spp.	Naupliusstadien			96	0,2								
	Cop I - III												
	Cop IV + V	170	10,4										
	Adulti			160	0,3								
<i>O. similis</i>	Naupliusstadien			1	0,002	2	0,002	4	0,03	38	0,1	34	0,04
	Cop I - III									28	0,1	115	0,1
	Cop IV + V							19	0,2	124	0,4	314	0,4
	Adulti			51	0,1			17	0,1	92	0,3	366	0,4
Cyclopidae	Naupliusstadien	9	0,5										
	Cop I - III												
	Cop IV + V												
	Adulti												
Copepoda (undef.)	Naupliusstadien	124	7,5	110	0,2	124	0,1	480	3,8	474	1,7	172	0,2

4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse der Zooplanktonbestimmungen

Die Zooplanktongemeinschaften im Untersuchungsgebiet des Rostocker Seehafens waren im Untersuchungszeitraum von April bis September 2016 durch weite Schwankungsbereiche bezüglich Abundanz und Biomasse gekennzeichnet. Diese Variabilität konnte sowohl mit Hinblick auf die Jahreszeit als auch beeinflusst durch die Lage der Station festgestellt werden. Die Anzahl der Individuen pro m^{-3} schwankte zwischen 6.650 an Station UW im April und 455.400 ebenfalls an Station UW im September. Während des gesamten Untersuchungszeitraumes und an nahezu allen Stationen wurden die analysierten Zooplanktongemeinschaften von der Gruppe der Copepoda dominiert. Mit drei verschiedenen *Acartia*-Arten sowie speziell *Oithona similis* im September erreichten die Copepoda inklusive aller Entwicklungsstadien oftmals die höchste Individuendichte aller vertretenen taxonomischer Gruppen (Maximum: 299.550 Ind. m^{-3} im Juli an der Station B1). Überwiegend an den Flachwasser-Stationen machten zusätzlich Vertreter der Rotifera (August: B1: 76.200 Ind. m^{-3} , UW: 60.200 Ind. m^{-3} und September: B2: 105.100 Ind. m^{-3} , B1: 65.850 Ind. m^{-3} und UW: 417.550 Ind. m^{-3}) und Cirripedia-Larven (Juni: UW: 83.650) einen höheren Anteil aus. Mollusca-Larven dominierten die Gemeinschaft im Juli an Station SK2. Hinsichtlich der Biomasse wurden 1.638 μg Kohlenstoff m^{-3} an Station UW im April bis 119.265 $\mu\text{g C m}^{-3}$ an Station B1 im Juli vorgefunden. Die Biomasse der gesamten Zooplanktongemeinschaft wurde meistens

dadurch charakterisiert, dass die abundanten Arten auch diejenigen waren, die den höchsten Biomasseanteil erlangten (z.B. Copepoda mit maximal $97.758 \mu\text{g C m}^{-3}$ an Station B1 im Juli; Rotifera mit $64.020 \mu\text{g C m}^{-3}$ an Station UW im September und Mollusca-Larven mit $27.318 \mu\text{g C m}^{-3}$ an Station SK2 im Juli). Aber auch weniger abundante, jedoch kohlenstoffreiche taxonomische Gruppen wie zum Beispiel Polychaeta-Larven, konnten den höchsten Biomasseanteil einer Gemeinschaft ausmachen (Station B1 im September mit $17.284 \mu\text{g C m}^{-3}$).

Grundsätzlich waren die Zooplanktongemeinschaften sowohl hinsichtlich ihrer Abundanz als auch ihrer Biomasse im April an allen Stationen des Gebietes sehr ähnlich ausgeprägt. Im weiteren Jahresverlauf und unter Betrachtung der Artensukzession und Altersstruktur der Populationen wurde eine hohe Variabilität hinsichtlich Abundanz und Biomasse sowohl an den flachen als auch an den tiefen Stationen bzw. im geschützten Bereich wie im offenen Küstenwasser beobachtet, wobei jeweils die größten Unterschiede oftmals zwischen Flachwasser- und Tiefwasserstationen bzw. zwischen Außenstation und den im Breitling bzw. der Unterwarnow gelegenen Stationen zu finden waren.

5 Untersuchungsergebnisse physikalisch-chemische Messgrößen

Im folgenden Kapitel werden zunächst die Daten der Sondenmessungen und im Anschluss die ermittelten Nährstoffkonzentrationen an den verschiedenen Stationen im Untersuchungszeitraum von April bis September 2016 dargestellt.

5.1 Sondendaten

Die Messgrößen sind in Form von Tiefenprofilen dargestellt, wobei jeweils alle Stationen in einem Diagramm pro Beprobungszeitpunkt zusammengestellt wurden und für einzelne Stationen zusätzlich die Darstellung ausgewählter Parameter im Verlauf des Untersuchungszeitraums erfolgte. Die Tiefen der Untersuchungsstationen können Tabelle 10 entnommen werden.

Tabelle 10: Tiefe der Untersuchungsstationen.

Stationen	Tiefe [m]
SK2 - Seekanal außen	15,0
SK1 - Seekanal innen	14,6
B2 - Breitling 2 Pier III	14,6
B1 - Breitling 1 Flachwasserzone	1,7
UW - Unterwarnow	2,4

5.1.1 Temperatur und Salinität

Die Temperaturen an der Oberfläche lagen im gesamten Untersuchungszeitraum von April bis September 2016 zwischen 7,6 und 20,3 °C, während für die bodennahen Temperaturen Werte zwischen 7,3 und 19,8 °C ermittelt wurden. Dabei waren die Temperaturen an der äußeren Seekanal-Station SK2 meist am niedrigsten mit Ausnahme des Monats August 2016.

Bei der ersten Untersuchung im April 2016 (Abbildung 23) betragen die Oberflächentemperaturen zwischen 7,6 und 9,3 °C. Sie waren nach 4 Wochen im Mai bereits auf Werte zwischen 13,4 und 15,5 °C gestiegen (Abbildung 23). Dabei wiesen vor allem die drei tieferen Stationen SK2, SK1 und B2 Differenzen zwischen Oberfläche und Boden von bis zu 4,7 °C auf. In Bodennähe geringere Temperaturen fielen mit höheren Salzgehalten zusammen. Zu diesem Zeitpunkt hatte sich bereits eine thermohaline Schichtung ausgebildet.

Im Untersuchungsgebiet kommt es durch Dichteunterschiede der Wassermassen aufgrund von Temperatur und Salzgehalt häufig zur Ausbildung einer thermohalinen Schichtung. Dabei überlagert das salzarme Wasser aus der Warnow das salzreichere der Ostsee. Die durch die Erwärmung des Oberflächenwassers im Frühjahr und Sommer hervorgerufenen Temperaturunterschiede zwischen Oberfläche und

Boden verstärken die Unterschiede und führen so zu einer thermohalinen Schichtung sowohl im Küstenwasser als auch im Bereich der Unterwarnow.

In den Sommermonaten Juni und Juli 2016 stiegen die Oberflächentemperaturen auf Werte zwischen 16,6 und 20,3 °C an (Abbildung 24), wobei im Juni an der äußeren Seekanal-Station SK2 in etwa 11 m Tiefe ein Temperaturunterschied von mehr als 2 °C festgestellt werden konnte, der mit einem höheren Salzgehalt korreliert war. An allen anderen Stationen waren die Temperaturen von Oberfläche und Boden im Juni 2016 sehr einheitlich und wiesen nur geringe Differenzen auf. Im Juli 2016 lagen die Temperaturen an den Breitling-Stationen am höchsten und nahmen an allen Stationen im Tiefenverlauf ohne größere Sprünge ab. Lediglich an den Stationen B2 und SK2 konnten zwischen 3 und 4 m Tiefe etwas größere Differenzen festgestellt werden, ebenfalls korreliert mit höheren Salzgehalten.

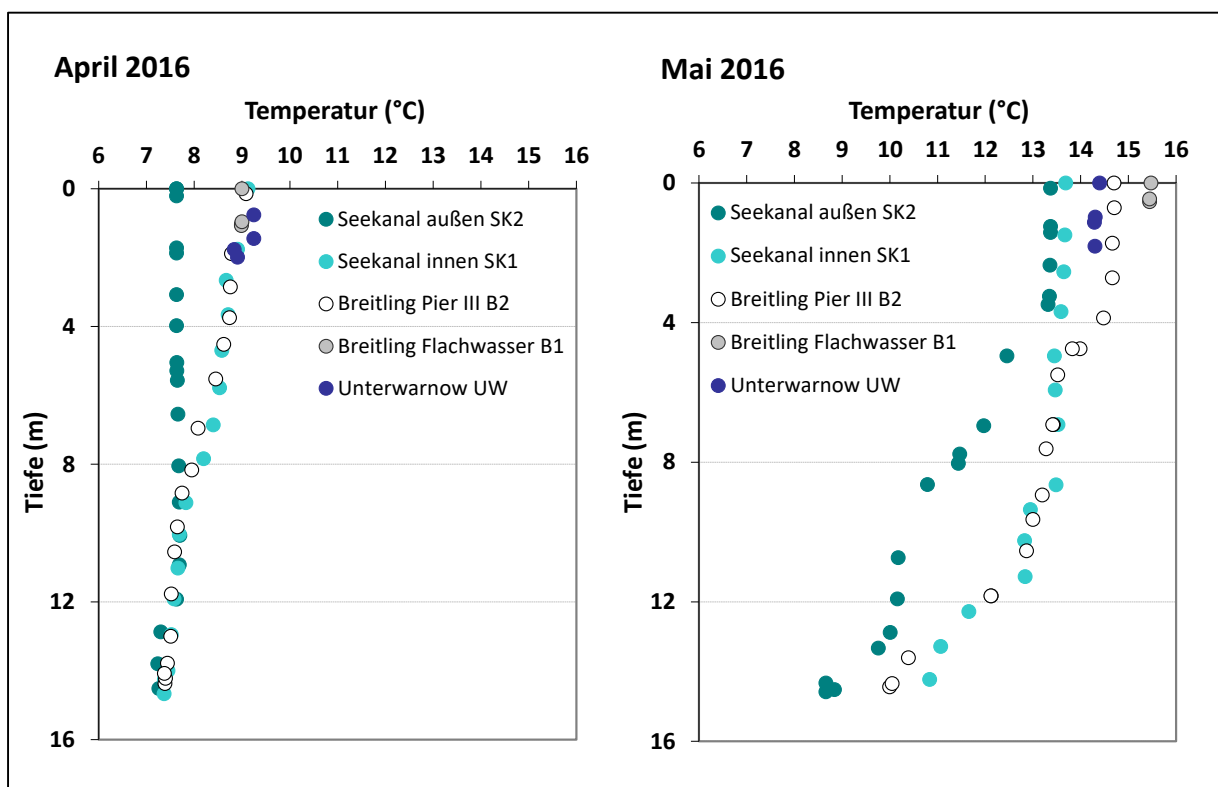


Abbildung 23: Tiefenprofile der Temperatur im April und Mai 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.

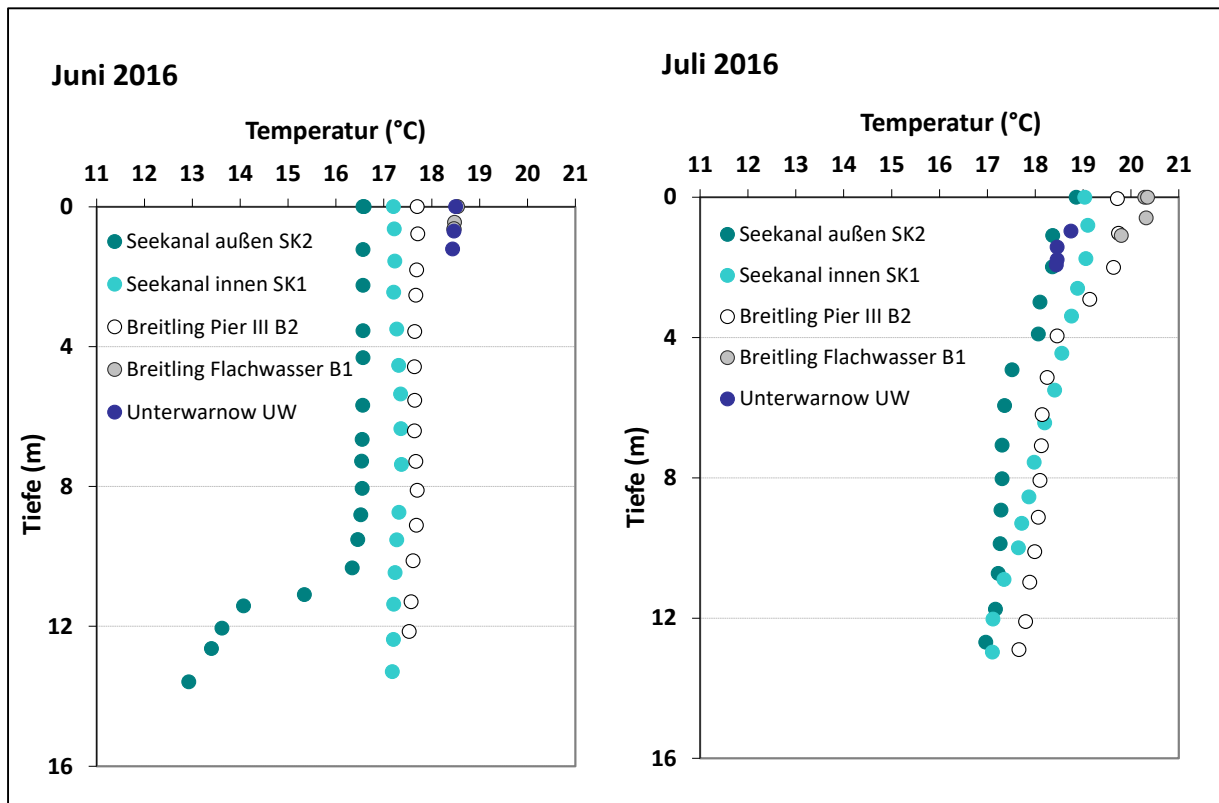


Abbildung 24: Tiefenprofile der Temperatur im Juni und Juli 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.

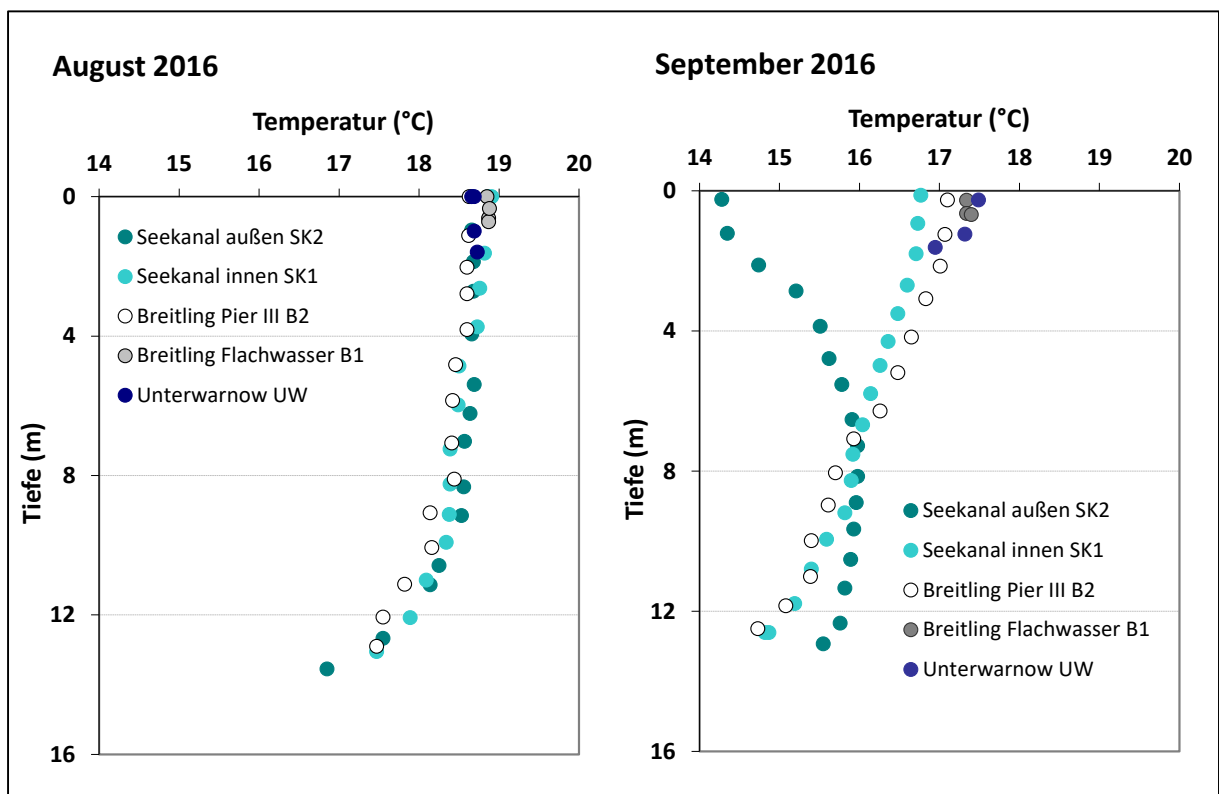


Abbildung 25: Tiefenprofile der Temperatur im August und September 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.

Im August 2016 lagen die Oberflächentemperaturen an allen Stationen recht einheitlich zwischen 18,6 und 18,8 °C und sanken an den tieferen Stationen auf Werte zwischen 16,9 und 17,5 °C in Bodennähe ab (Abbildung 25). Die Unterschiede zwischen Oberfläche und Boden waren gering. Nur an der äußeren Seekanal-Station SK2 betrug der Unterschied knapp 2 °C. Im September 2016 wurden mit Ausnahme der Station SK2 insgesamt geringere Temperaturen zwischen 16,8 und 17,5 °C an der Oberfläche und von 14,7 bis 17,4 °C in Bodennähe gemessen (Abbildung 25). An der äußeren Seekanal-Station SK2 zeigte sich ein abweichendes Bild mit sehr niedrigen Oberflächentemperaturen von nur 14,3 °C, die fast 3 °C niedriger lagen als an den übrigen Stationen, und auf 15,6°C in Bodennähe anstiegen. Die geringen Oberflächentemperaturen fielen mit ebenfalls geringen Salzgehalten zusammen und waren nicht gegenläufig wie in den Monaten zuvor.

Für die Jahre 2014 und 2015 lagen höher aufgelöste Sondendaten in Form von Tiefenprofilen für die LUNG-Stationen vor, mit denen die Messungen der verschiedenen Parameter des Jahres 2016 direkt verglichen werden konnten. Außerdem lagen an den LUNG-Stationen für den Zeitraum 2011 bis 2015 Oberflächen- und Bodendaten vor, mit denen die Sondenmessungen des Jahres 2016 ebenfalls verglichen wurden. Detaillierte Vergleiche mit berechneten Monatsmittelwerten der LUNG-Daten werden in Kapitel 6.4 in Übersichtsdarstellungen gezeigt.

Insgesamt lagen die Messergebnisse im Untersuchungszeitraum April bis September 2016 über alle Stationen im gleichen Bereich wie die LUNG-Daten, die zum Vergleich herangezogen wurden. Nur im Juli 2016 wurden an der flachen Breitling-Station B1 Temperaturen über 20 °C erreicht, die bei der LUNG-Vergleichsstation UW6 in den Vorjahren 2011 – 2015 nur maximal 19,1 °C betragen hatten. Die Temperaturen im April unterliegen grundsätzlich relativ großen Schwankungen und lagen im Jahr 2016 mit Werten zwischen 7,6 und 9,3 °C im oberen Bereich der LUNG-Vergleichsdaten, die zwischen 1,8 und 10,3 °C für die Oberflächentemperaturen schwankten.

Die Salzgehalte nahmen an allen tieferen Untersuchungsstationen von der Oberfläche zum Boden zu und wiesen Differenzen von durchschnittlich 4 und an der äußeren Seekanal-Station SK2 von bis zu 10 im Salzgehalt auf. Grundsätzlich ist der Einstrom des schwereren, salzreicheren Wassers der Ostsee bis in den Bereich der Unterwarnow feststellbar, weshalb dieses Ästuar-Gebiet auch als mesohalines inneres Küstengewässer mit Salzgehalten zwischen 5 und 18 eingestuft wird. Die Unterwarnow ist ein mikrotidales Ästuar mit geringem Tidenhub, das nur eine geringe Strömung in Richtung Mündung aufweist. Deshalb wird es stark von den einströmenden Ostseewassermassen geprägt. Durch die bisher vorgenommene Fahrrinnenvertiefung des Seekanals wurde der Einstrom verstärkt, und es kommt insbesondere in den Sommermonaten und bei ruhigen Wetterlagen zusammen mit dem Süßwasserzufluss der Warnow zur Bildung eines Salzkeils (Winkel 2003). Dabei ist die Ausbildung bzw. Durchmischung von verschiedenen Faktoren wie Niederschlagsereignissen mit erhöhten Abflüssen, dem regulierten Süßwasserzufluss der Oberwarnow durch das Mühlendammwehr und Windverhältnissen abhängig.

Im April 2016 wurden an der äußeren Seekanal-Station SK2 die höchsten Salzgehalte zwischen 12,9 an der Oberfläche und 17,0 in Bodennähe bestimmt (Abbildung 26). Im Bereich der Unterwarnow lagen die Salzgehalte zwischen 8,8 und 10,0 an der Oberfläche und zwischen 9,8 und 15,9 in Bodennähe. Die größten Unterschiede zwischen Oberfläche und Boden wurden an der inneren Seekanal-Station SK1 und der tiefen Breitling-Station B2 mit mehr als 5 für den Salzgehalt ermittelt. Daran war der Einstrom salzreicheren Ostseewassers sehr deutlich zu erkennen. Im Mai 2016 waren die Unterschiede zwischen Oberfläche und Boden mit maximal 3,2 bei den Unterwarnow-Stationen geringer und die Salzgehalte lagen einheitlich um etwa 2 über den April-Werten (Abbildung 26). Im äußeren Seekanal dagegen wurden im Mai mit 10,7 an der Oberfläche geringere Salzgehalte ermittelt als im April, während die Bodenwerte mit 17,8 noch etwas über den April-Werten lagen. Der Unterschied zwischen Oberfläche und Boden betrug hier mehr als 7.

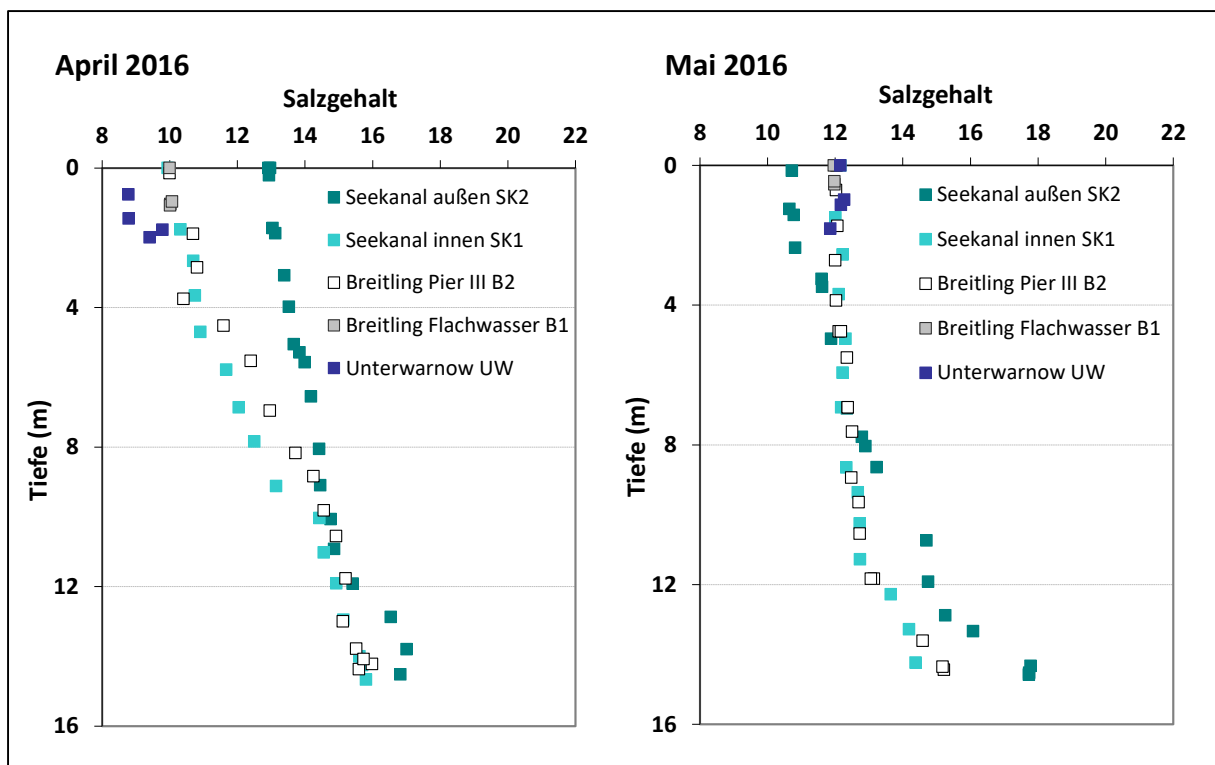


Abbildung 26: Tiefenprofile des Salzgehalts im April und Mai 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.

Im Juni 2016 zeigte lediglich die äußere Seekanal-Station etwas größere Unterschiede in den Salzgehalten mit 4,2 zwischen Oberfläche und Boden, während die Unterwarnow-Station und die Stationen im Breitling eine gleichmäßige Salzverteilung aufwiesen und nur bei den tieferen Stationen maximale Unterschiede von 1 zwischen Oberfläche und Boden festgestellt wurden (Abbildung 27). Die an der Station SK2 in etwa 11 Metern deutlich zunehmenden Salzgehalte waren korreliert

mit abnehmenden Temperaturen in dieser Tiefe um fast 2 °C. Die thermohaline Schichtung konnte allerdings nur im äußeren Seekanal festgestellt werden und war im Bereich der Unterwarnow zu dieser Zeit nicht ausgebildet. Vermutlich waren dafür die anhaltenden Südwinde verantwortlich. Insgesamt waren die Salzgehalte im Juni einheitlicher und schwankten an den verschiedenen Stationen an der Oberfläche nur zwischen 9,9 und 10,4. Im Juli 2016 lagen die Salzgehalte an der Oberfläche mit Werten zwischen 11,0 und 11,9 etwas höher, aber ebenfalls recht einheitlich (Abbildung 27). Die deutliche Schichtung in etwa 11 m Tiefe konnte im äußeren Seekanal nicht mehr festgestellt werden. Dafür wurde der größte Unterschied im Salzgehalt zwischen Oberfläche und Boden in einer Tiefe von ungefähr 5 m gemessen, der mit sprunghaft abnehmender Temperatur zusammenfiel.

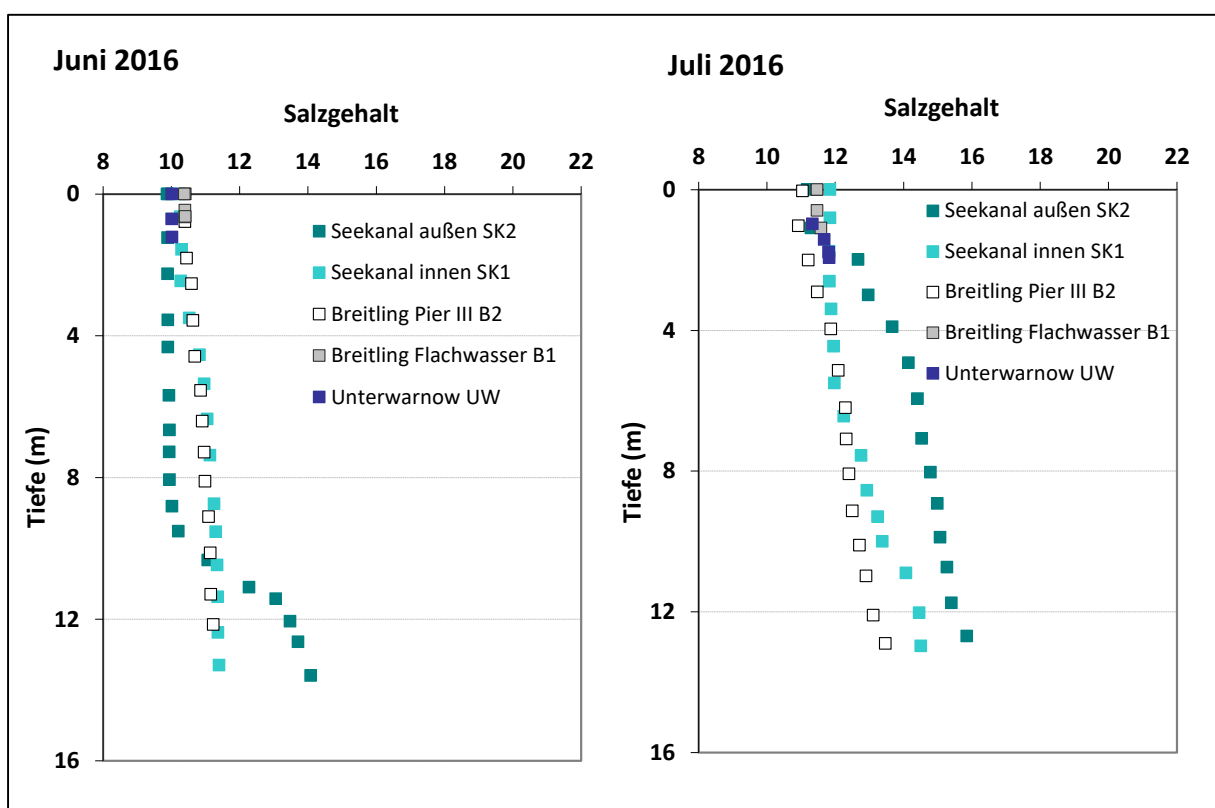


Abbildung 27: Tiefenprofile des Salzgehalts im Juni und Juli 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.

Im August 2016 betragen die Salzgehalte an der Oberfläche im Bereich der Unterwarnow-Stationen 11,9 bis 13,3, während an der äußeren Seekanal-Station an der Oberfläche etwas geringere Werte von 10,7, aber gleichermaßen mit Salzgehalten von 18 in Bodennähe die höchsten Gehalte gemessen wurden (Abbildung 28). Der Unterschied zwischen Oberfläche und Boden betrug 7,3 für die Salzgehalte. Die Unterschiede in den Salzgehalten lagen an den Stationen SK1 und B2 zwischen 2,8 und 4,2. Die größten Unterschiede zwischen Oberfläche und Boden wurden im

September 2016 mit 9,6 im äußeren Seekanal gemessen (Abbildung 28). An der Oberfläche lag der Salzgehalt nur bei 9,1 und hatte damit den niedrigsten Wert aller Stationen im September, während in Bodennähe 18,7 bestimmt wurden. Die Sprungschicht lag dabei etwa in 3 m Tiefe. Die Tiefenprofile der Temperatur und des Salzgehalts wiesen in diesem Fall allerdings keinen konträren Verlauf auf wie in den Monaten davor und die niedrigsten Salzgehalte fielen im September mit den niedrigsten Temperaturen an der Station SK2 zusammen.

Im Bereich der Unterwarnow lagen die Salzgehalte an der Oberfläche zwischen 14,7 und 16,7 und erreichten in Bodennähe mit Werten zwischen 16,1 und 20,4 die höchsten Salzgehalte des gesamten Beprobungszeitraums. Zu dieser Zeit wurde der größte Einfluss der Ostsee auf das Unterwarnow-Gebiet durch den Einstrom salzreicher Wassermassen ermittelt.

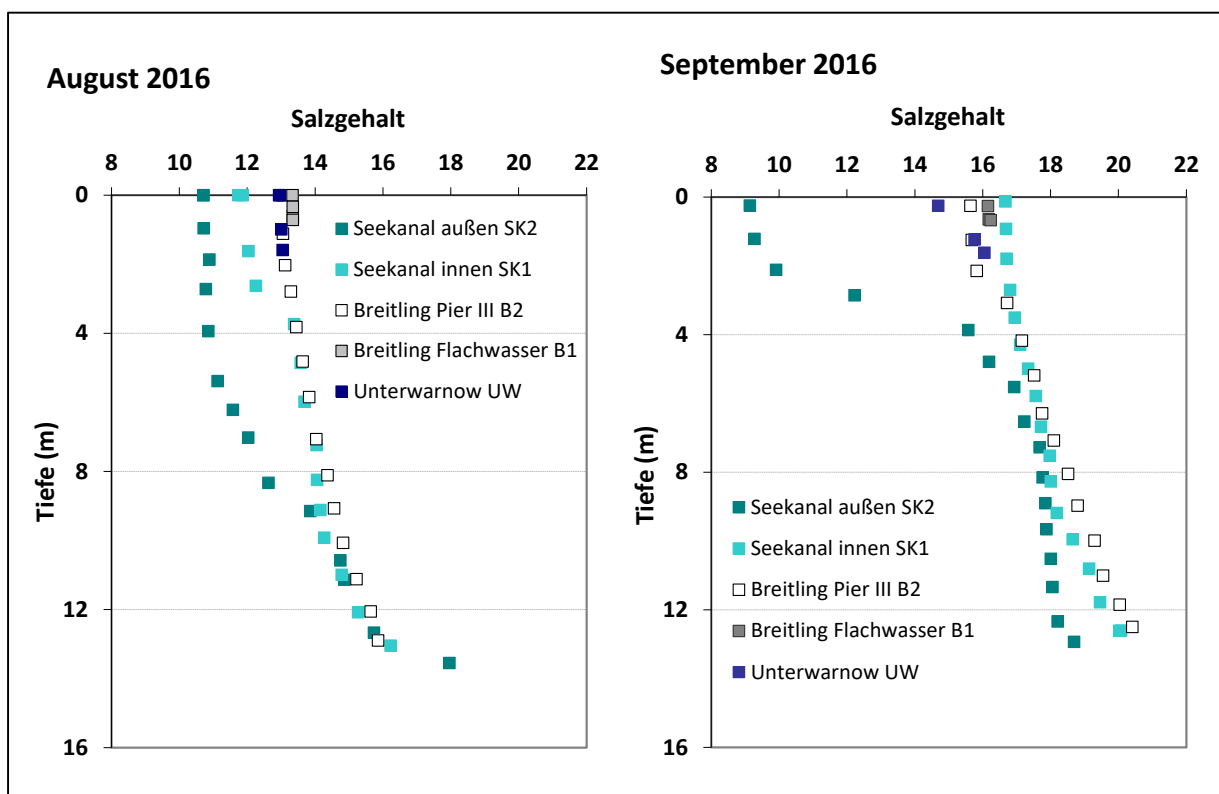


Abbildung 28: Tiefenprofile des Salzgehalts im August und September 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.

Die Salzgehalte an den LUNG-Vergleichsstationen UW4, UW6, O5 lagen im Zeitraum 2011 – 2015 in den Monaten April bis September zwischen 5,7 und 15,7 an der Oberfläche sowie zwischen 8,4 und 20,3 am Boden. Die Salzgehalte im Untersuchungszeitraum April bis September 2016 zeigten eine etwas geringere Schwankung und lagen zwischen 8,8 und 16,7 an der Oberfläche sowie zwischen 9,8 und 20,4 in Bodennähe für alle Stationen. Ein detaillierterer Vergleich mit Tiefenprofilen

des LUNG aus den Jahren 2014 und 2015 an ausgewählten Stationen mit den Untersuchungsergebnissen aus dem Jahr 2016 wird im Kapitel 6.4 im Zusammenhang mit der Bewertung der Ergebnisse vorgenommen.

In Abbildung 29 ist der Verlauf der Temperatur und des Salzgehalts an der äußeren Seekanal-Station von April bis September 2016 dargestellt. Der konträre Verlauf dieser beiden Parameter war insbesondere in den Monaten Mai und Juni gut erkennbar und zeigte die vorliegende thermohaline Schichtung. Der Zusammenhang von geringen Temperaturen mit höheren Salzgehalten war in den anderen Monaten nicht ganz so stark ausgebildet. Im September wurde kein Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Salzgehalt festgestellt, so dass in dem Fall lediglich eine haline Schichtung vorlag.

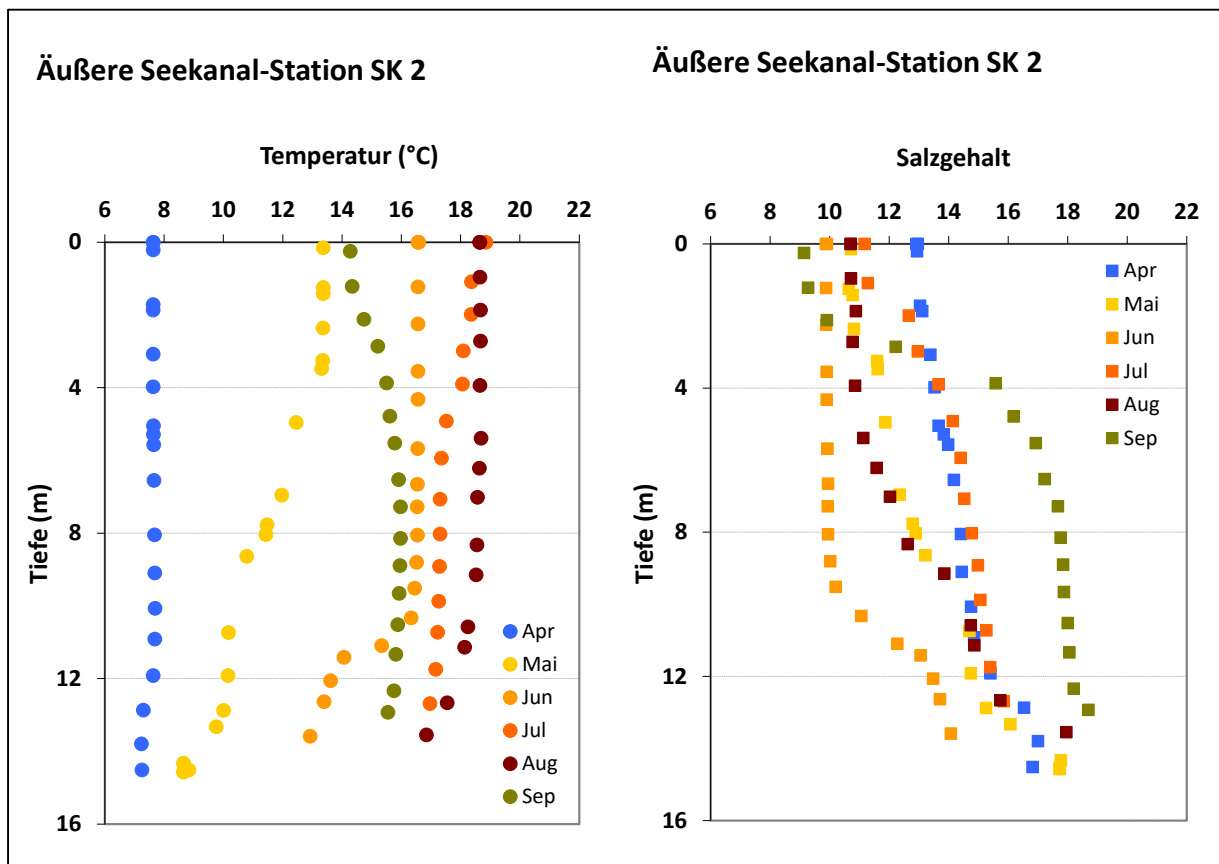


Abbildung 29: Tiefenprofile der Temperatur und des Salzgehalts an der äußeren Seekanal-Station SK2 für den gesamten Beprobungszeitraum von April bis September 2016.

Die im Vergleich dazu dargestellte innere Seekanal-Station SK1 in Abbildung 30 ließ ebenfalls einen Zusammenhang von Temperatur und Salzgehalt erkennen, der aber nicht ganz so stark ausgeprägt war wie im äußeren Seekanal. Der Einstrom von salzreicherem Ostseewasser war trotz der offensichtlich stärkeren Durchmischung an der Station SK1 noch feststellbar.

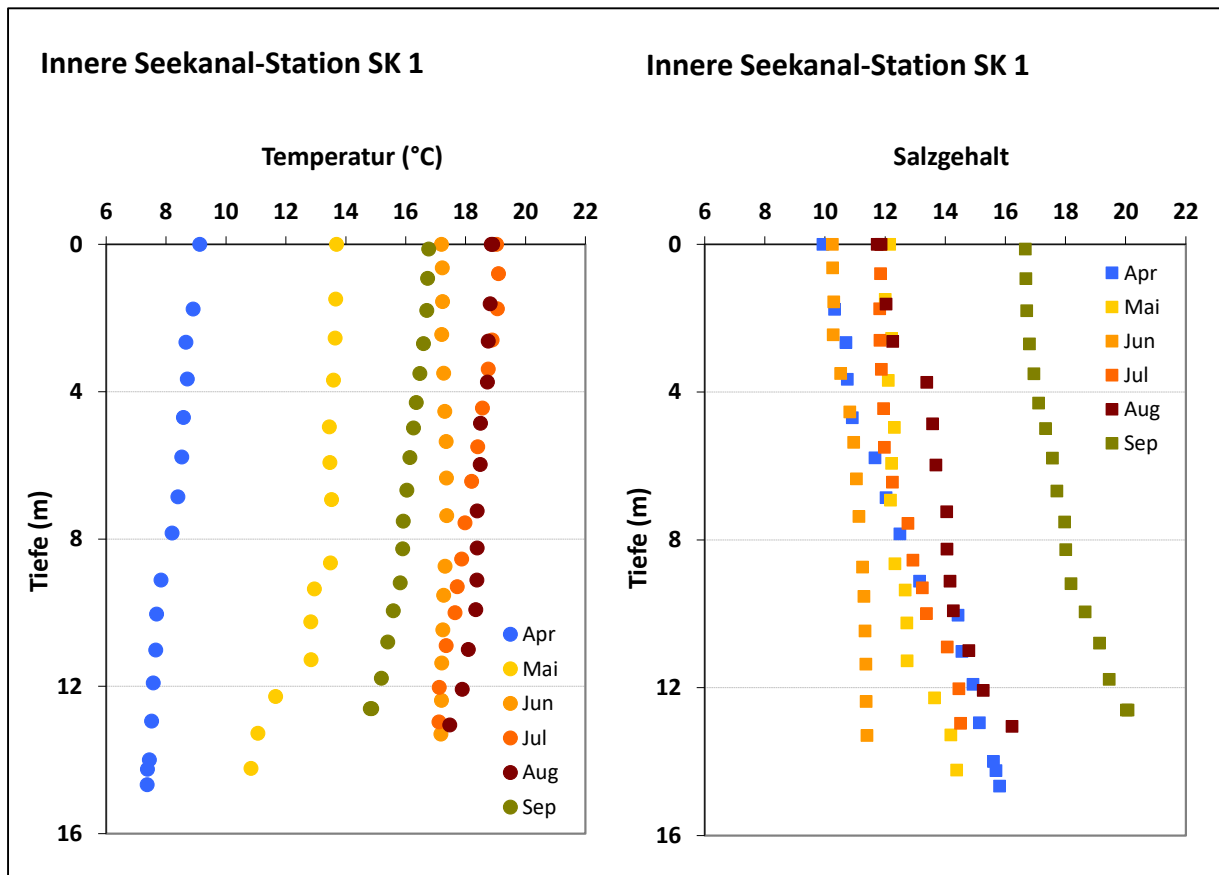


Abbildung 30: Tiefenprofile der Temperatur und des Salzgehalts an der inneren Seekanal-Station SK1 für den gesamten Beprobungszeitraum von April bis September 2016.

Die Schwankungsbreite der Salzgehalte an den Seekanal-Stationen passt zu den Messergebnissen, die an den zum Vergleich herangezogenen Stationen des LUNG gemessen wurden. Die Salzgehalte an der LUNG-Station O5 lagen in den Jahren 2014 und 2015 an der Oberfläche zwischen 8,9 und 14,4 und am Boden zwischen 9,8 und 17,3 und somit generell in einem ähnlichen Bereich verglichen mit der Station SK2. Die Salzgehalte an der LUNG-Station UW4 lagen an der Oberfläche zwischen 9,5 und 17,8 und am Boden zwischen 11,4 und 17,4. Für die Oberflächenwerte wurde eine gute Übereinstimmung mit den Salzgehalten an der Station SK1 gefunden, die zwischen 9,9 und 16,7 lagen. In Bodennähe waren die Salzgehalte im September mit 20,3 etwas höher als der Messbereich der Station UW4, aber die übrigen Messungen lagen im gleichen Bereich.

5.1.2 pH-Wert

Die pH-Werte lagen im Untersuchungszeitraum von April bis September 2016 zwischen 7,45 und 8,58, wobei in der Regel an der Oberfläche höhere pH-Werte als in Bodennähe gemessen wurden. Wie der Abbildung 31 zu entnehmen ist, lagen die pH-Werte im April an der Oberfläche relativ einheitlich bei 8,21 und in Bodennähe bei 7,88. Nur an der äußeren Seekanal-Station war der pH-Wert an der Oberfläche mit 8,01 etwas niedriger. Im Mai 2016 waren die pH-Werte insgesamt niedriger und erreichten an der Oberfläche nur 7,90 bis 8,07, während sie in Bodennähe zwischen 7,68 und 7,96 betrugten (Abbildung 31). Da der pH-Wert auch von der Phytoplanktonaktivität abhängig ist, konnte hier ein Zusammenhang mit den gemessenen Chlorophyll-a-Gehalten hergestellt werden. Im Mai 2016 waren die Chlorophyll-a-Gehalte an allen Stationen niedriger als im April und die offensichtlich geringere Phytoplanktonaktivität im Mai wurde durch geringere pH-Werte an der Oberfläche bestätigt.

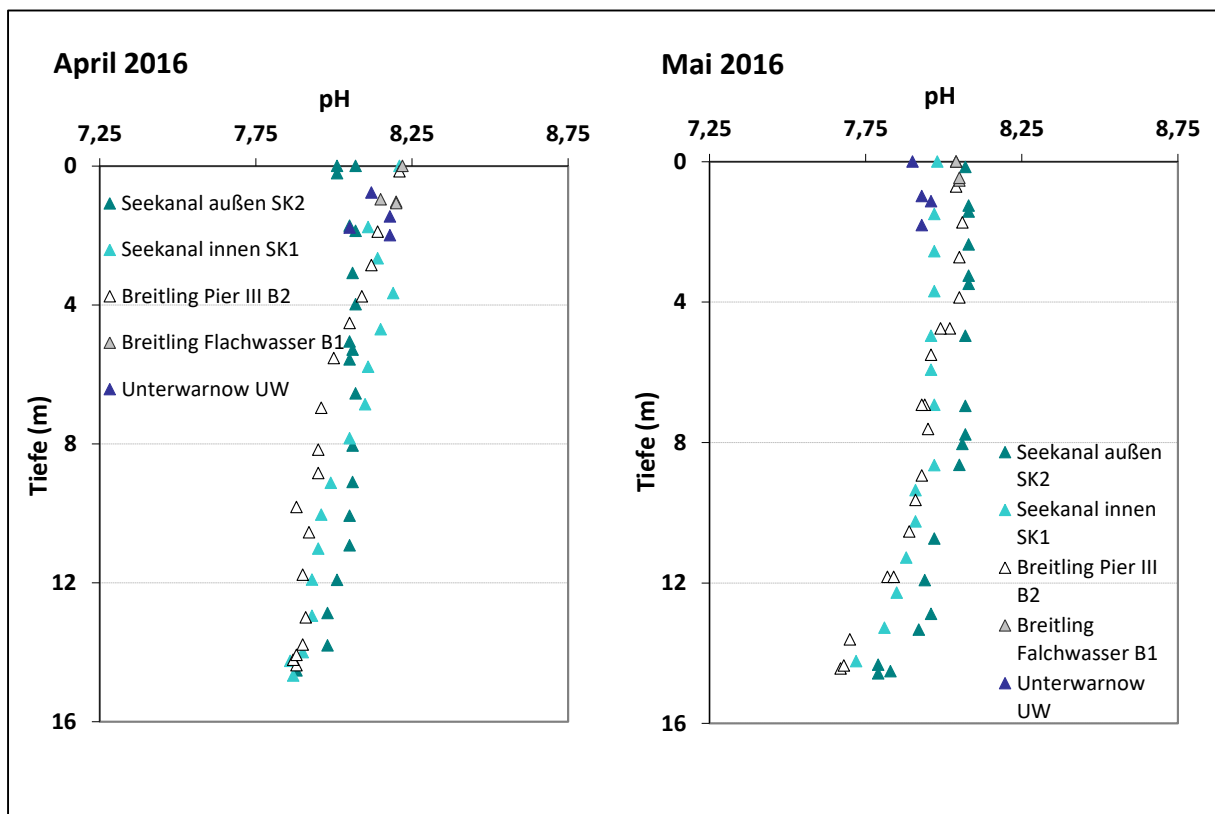


Abbildung 31: Tiefenprofile des pH-Werts im April und Mai 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.

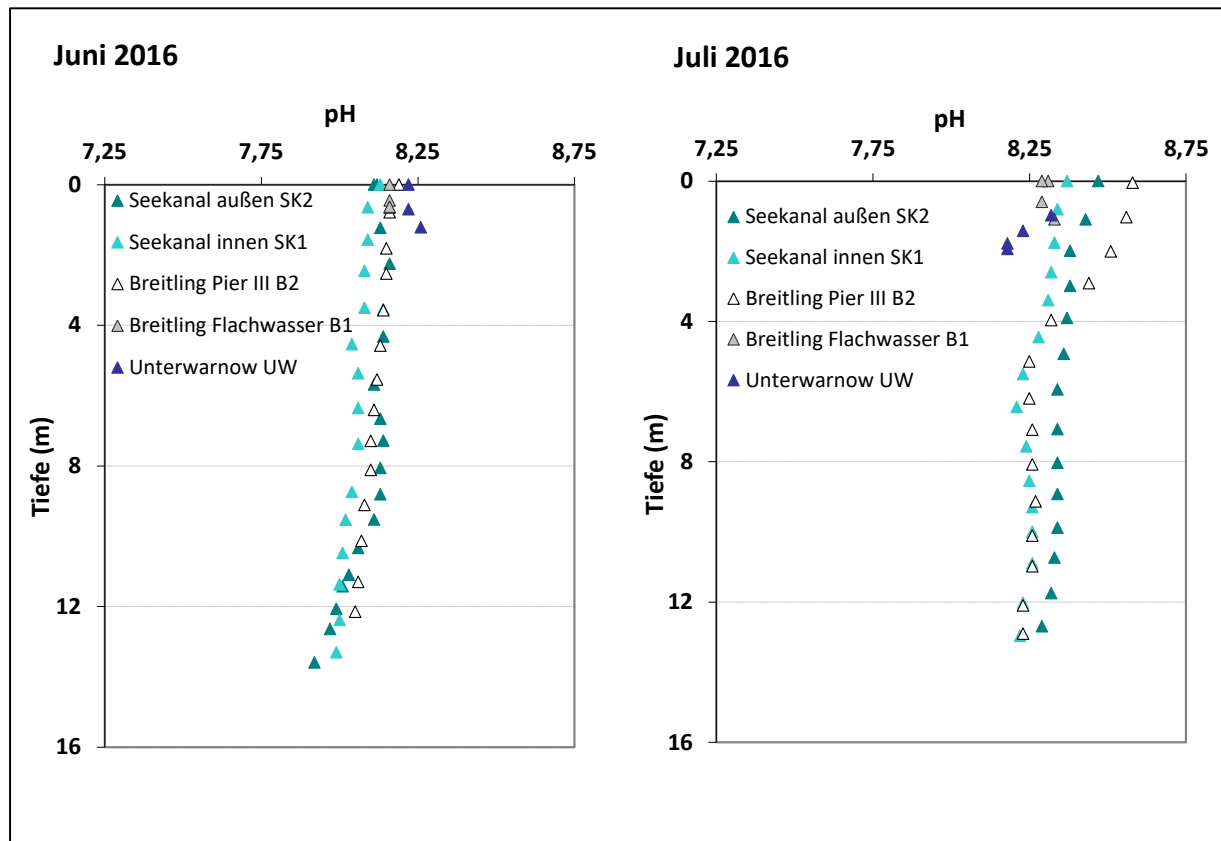


Abbildung 32: Tiefenprofile des pH-Werts im Juni und Juli 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.

Die pH-Werte waren im Juni etwa vergleichbar mit denen im April 2016 und lagen an der Oberfläche zwischen 8,12 und 8,22, während in Bodennähe Werte zwischen 7,92 und 8,05 gemessen wurden (Abbildung 32). Insgesamt waren die pH-Werte im Juni einheitlicher als im April und zeigten geringere Unterschiede zwischen Oberfläche und Boden. Im Juli 2016 lagen die pH-Werte deutlich über denen der Vormonate und betrugen zwischen 8,32 und 8,58 an der Oberfläche und 8,23 bis 8,29 am Boden (Abbildung 32). An fast allen Stationen wurden im Juli auch die höchsten Chlorophyll-a-Gehalte bestimmt. Der höchste pH-Wert wurde mit 8,58 an der Oberfläche der tieferen Breitling Station B2 gemessen und fiel mit einem hohen Chlorophyll-a-Gehalt von mehr als $10 \mu\text{g l}^{-1}$ und Sauerstoffsättigungswerten von 120% zusammen, was zusammen ein klarer Hinweis auf hohe Phytoplanktonaktivität war.

Der Verlauf der pH-Werte zeigte im August und September 2016 große Unterschiede (Abbildung 33). Im August wurden mit pH-Werten an der Oberfläche zwischen 8,26 und 8,48 ähnlich hohe Werte gemessen wie im Juli, während die pH-Werte im September nur noch zwischen 7,76 und 7,99 an der Oberfläche lagen (Abbildung 33). In Bodennähe wurden im August pH-Werte zwischen 8,0 und 8,21 und im September zwischen 7,45 und 7,61 ermittelt. Die pH-Werte am Boden waren im September an allen Stationen am niedrigsten verglichen mit den anderen

Beprobungszeitpunkten. Da zeitgleich auch geringe Sauerstoffgehalte gemessen wurden (siehe Kapitel 5.1.3), ist davon auszugehen, dass die niedrigen pH-Werte durch Abbauprozesse verursacht wurden. An der tieferen Breitling-Station B2 war die Differenz der pH-Werte zwischen Oberfläche und Boden mit 0,5 am größten und dies traf auch auf die Sauerstoffgehalte zu mit einer Differenz von fast 4 mg l^{-1} zwischen Oberfläche und Boden. Am Boden wurde Sauerstoffgehalte unter 4 mg l^{-1} gemessen, was einer Sauerstoffsättigung von nur 41,5 % entsprach und damit deutlich die Abbauprozesse belegte.

Die pH-Messungen an den LUNG-Stationen lagen in den Jahren 2011 bis 2014 in den Monaten April bis September mit Werten zwischen 7,35 und 8,55 in einem ganz ähnlichen Bereich wie die Messungen von April bis September 2016 mit Werten zwischen 7,45 und 8,58. Das Jahr 2015 zeigte dagegen größere Abweichungen, denn es wurden an allen LUNG-Stationen deutlich höhere pH-Werte gemessen, die zwischen 7,99 und 8,90 schwankten. Dabei waren nur die pH-Werte im April im Bereich der Messungen der Vorjahre, in allen übrigen Monaten waren die pH-Werte $> 8,3$ und erreichte im Juli Maxima zwischen 8,7 und 8,9 an der Station O5.

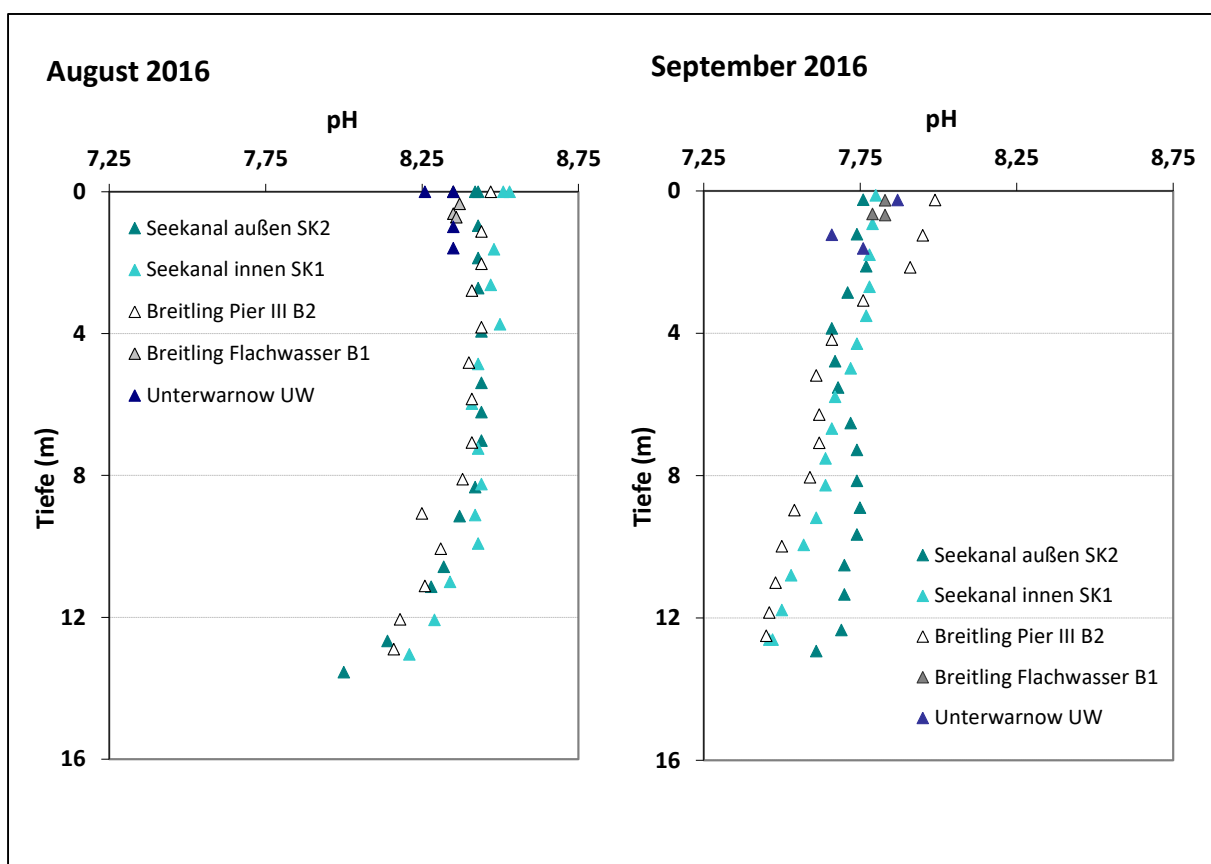


Abbildung 33: Tiefenprofile des pH-Werts im August und September 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.

5.1.3 Sauerstoffgehalt

Die Sauerstoffgehalte lagen im Untersuchungszeitraum von April bis September 2016 zwischen 10,82 und 3,71 mg l⁻¹, wobei die höchsten Gehalte im April und Juli an der Oberfläche gemessen wurden, während die geringsten Gehalte im August und September in Bodennähe ermittelt wurden. Der Abbildung 34 ist der Verlauf der Sauerstoffgehalte im April und Mai 2016 an allen Untersuchungsstationen zu entnehmen. Im April waren die Sauerstoffgehalte relativ einheitlich und lagen an der Oberfläche zwischen 9,49 und 10,21 mg l⁻¹ und in Bodennähe zwischen 9,46 und 9,77 mg l⁻¹, wobei die Unterwarnow-Station UW an der Oberfläche die geringsten Sauerstoffgehalte aufwies. Die größte Differenz zwischen Oberfläche und Boden betrug nur 0,9 mg l⁻¹. Im Mai 2016 waren die Sauerstoffgehalte an der Oberfläche mit Werten zwischen 8,55 und 9,40 mg l⁻¹ deutlich geringer, aber unter Berücksichtigung der gestiegenen Wassertemperaturen lag die Sauerstoffsättigung weiterhin zwischen 90 und 96 % und damit noch etwas über den Werten von 87 bis 94 % im April 2016. Die Sauerstoffgehalte in Bodennähe waren mit Werten zwischen 7,55 und 8,58 mg l⁻¹ geringer als im April und entsprachen einer Sauerstoffsättigung von 74,8 bis 82,6 %. Lediglich die äußere Seekanal-Station SK2 zeigte einen abweichenden Sauerstoffverlauf mit einem Gehalt an der Oberfläche von 9,39 mg l⁻¹, der bis etwa 9 m Tiefe auf bis zu 10,0 mg l⁻¹ anstieg und erst danach auf einen Bodenwert von 8,58 mg l⁻¹ sank. Das führte zu einem Sauerstoffsättigungsmaximum von 98,4 % zwischen 5 und 9 m Tiefe.

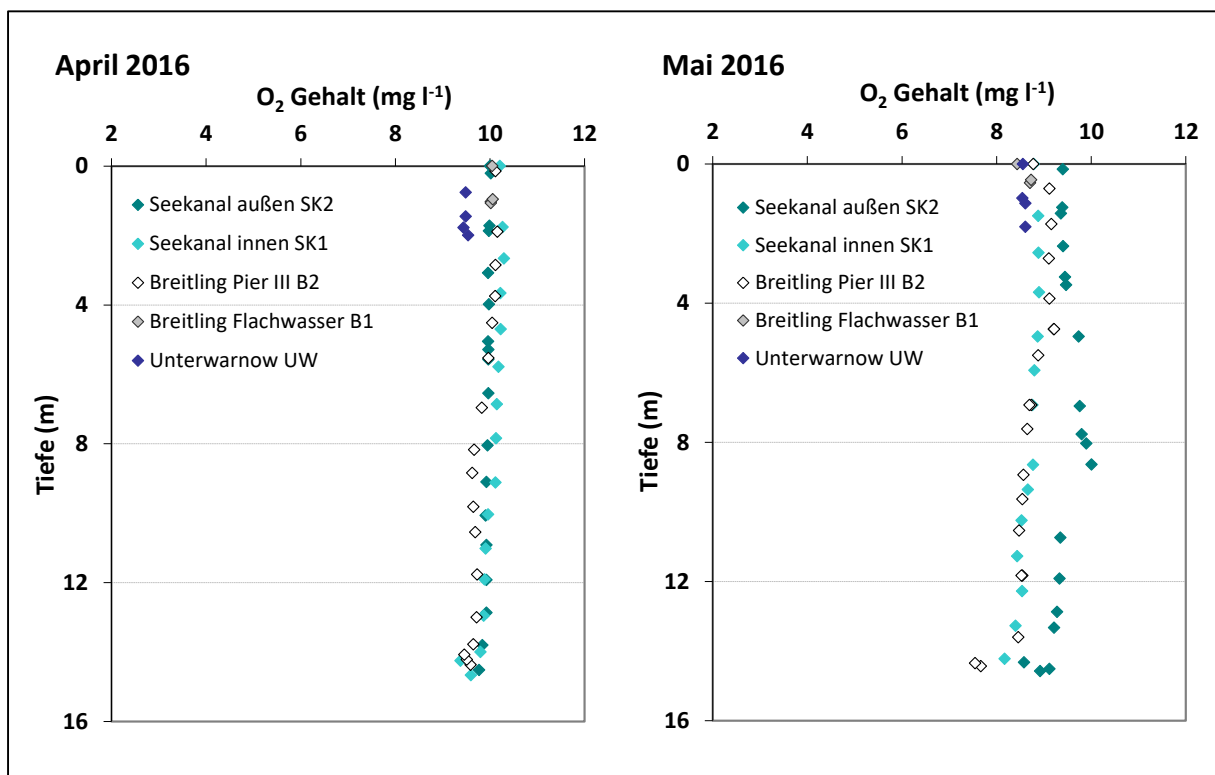


Abbildung 34: Tiefenprofile der Sauerstoffgehalte im April und Mai 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.

Im Juni 2016 wurden an der Oberfläche Sauerstoffgehalte zwischen 8,14 und 8,74 mg l⁻¹ gemessen, während in Bodennähe Werte zwischen 7,64 und 8,74 mg l⁻¹ ermittelt wurden (Abbildung 35). Dies entsprach Sauerstoffsättigungswerten zwischen 85 und 98 %. Die geringsten Sauerstoffgehalte wurden an der inneren Seekanal-Station SK1 ab etwa 9 m Tiefe bis zum Boden mit Werten < 8,0 mg l⁻¹ gemessen. An allen anderen Stationen lagen die Sauerstoffgehalte durchgehend > 8,0 mg l⁻¹. An der äußeren Seekanal-Station SK2 wurden in ungefähr 11 m Tiefe leicht ansteigende Gehalte gemessen, die mit abnehmender Temperatur und höheren Salzgehalten zusammentrafen und damit eine bodennah abweichende Wassermasse charakterisierte. Die Differenz zwischen Oberflächen- und Bodengehalten war im Juni 2016 insgesamt gering und betrug maximal 0,7 mg l⁻¹.

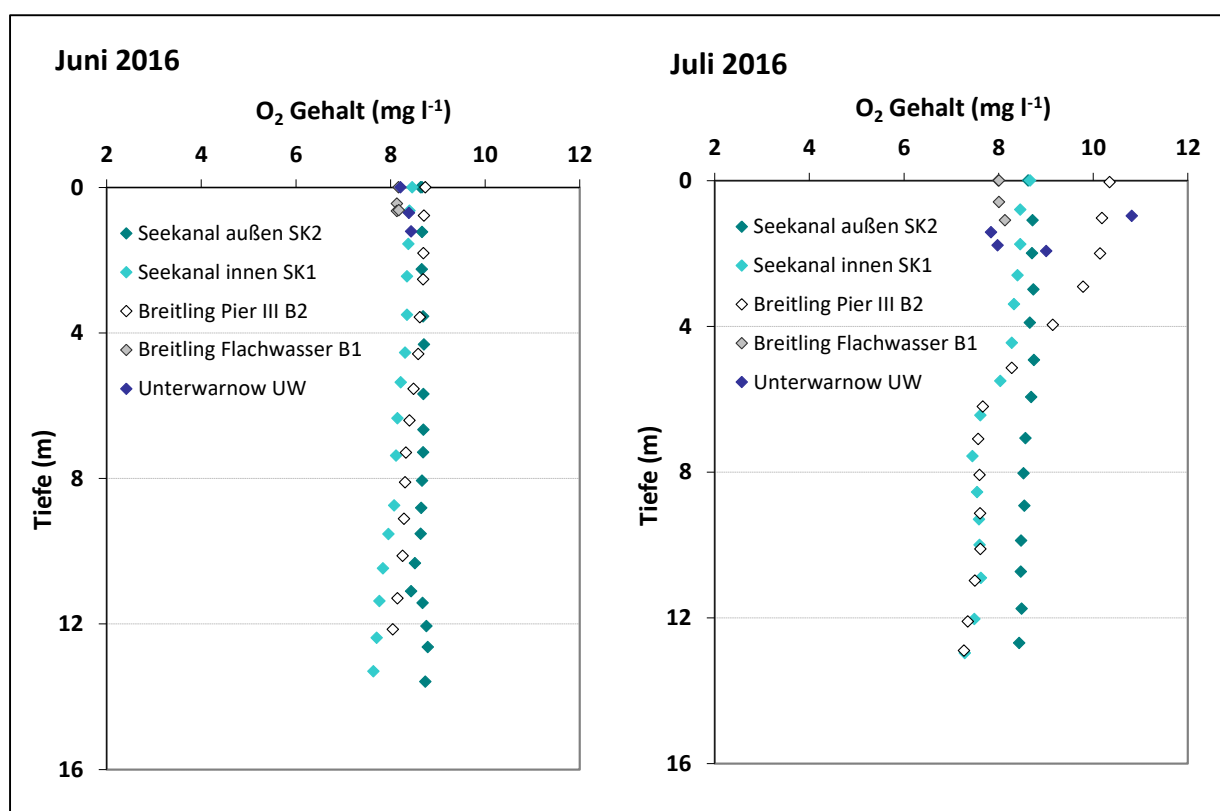


Abbildung 35: Tiefenprofile der Sauerstoffgehalte im Juni und Juli 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.

Im Juli 2016 lagen die Sauerstoffgehalte an der Oberfläche höher als im Juni und erreichten Werte zwischen 8,00 und 10,82 mg l⁻¹ (Abbildung 35), während in Bodennähe Gehalte zwischen 7,27 und 8,44 mg l⁻¹ gemessen wurden. Dabei war der Verlauf an den verschiedenen Stationen sehr unterschiedlich. Der geringste Sauerstoffgehalt an der Oberfläche wurde mit 8,0 mg l⁻¹ an der flachen Breitling-Station B1 ermittelt, während die ebenfalls flache Unterwarnow-Station UW direkt an der Oberfläche Sauerstoffgehalte von 10,82 mg l⁻¹ aufwies, was einer Sauerstoffsättigung von 124 % entsprach. Die Differenz zwischen Oberfläche und Boden

betrug an dieser Station fast 3 mg l^{-1} . An der äußeren Seekanal-Station SK2 lagen die Gehalte relativ einheitlich zwischen $8,72$ und $8,44 \text{ mg l}^{-1}$ in der gesamten Wassersäule. Die größten Differenzen zwischen Oberfläche und Boden wurden an der tieferen Breitling-Station B2 mit mehr als 3 mg l^{-1} erreicht. Hier wurden an der Oberfläche Gehalte von $10,35 \text{ mg l}^{-1}$ gemessen, die bis zum Boden auf $7,27 \text{ mg l}^{-1}$ abnahmen. Dies entsprach Sauerstoffsättigungswerten zwischen 121 und 83% . Die hohen Sauerstoffsättigungswerte an den Stationen UW und B2 ließen zusammen mit hohen Chlorophyll-a-Gehalten auf erhöhte Phytoplanktonaktivität schließen. An der inneren Seekanal-Station SK1 wurden Differenzen zwischen Oberfläche und Boden von $1,4 \text{ mg l}^{-1}$ ermittelt, wobei die Sauerstoffgehalte relativ gleichmäßig bis zum Boden abnahmen und nur in etwa 5 m Tiefe eine etwas stärkere Abnahme gemessen wurde.

Nach den produktiven Sommermonaten waren im August und September 2016 zunehmende Abbauprozesse in den Sauerstoffgehalten sichtbar, die vor allem im September zu den niedrigsten Gehalten im gesamten Untersuchungszeitraum führten. Im August wurden an der Oberfläche Sauerstoffgehalte zwischen $7,48$ und $8,37 \text{ mg l}^{-1}$ ermittelt, was Sauerstoffsättigungswerten von 87 bis $95,5 \%$ entsprach. Am Boden lagen die Gehalte zwischen $5,88$ und $6,99 \text{ mg l}^{-1}$ (Abbildung 36). Dies entsprach Sättigungswerten zwischen $67,6$ und $80,5 \%$. Die Unterschiede zwischen Oberflächen- und Boden-Gehalten betragen bis zu $2,5 \text{ mg l}^{-1}$.

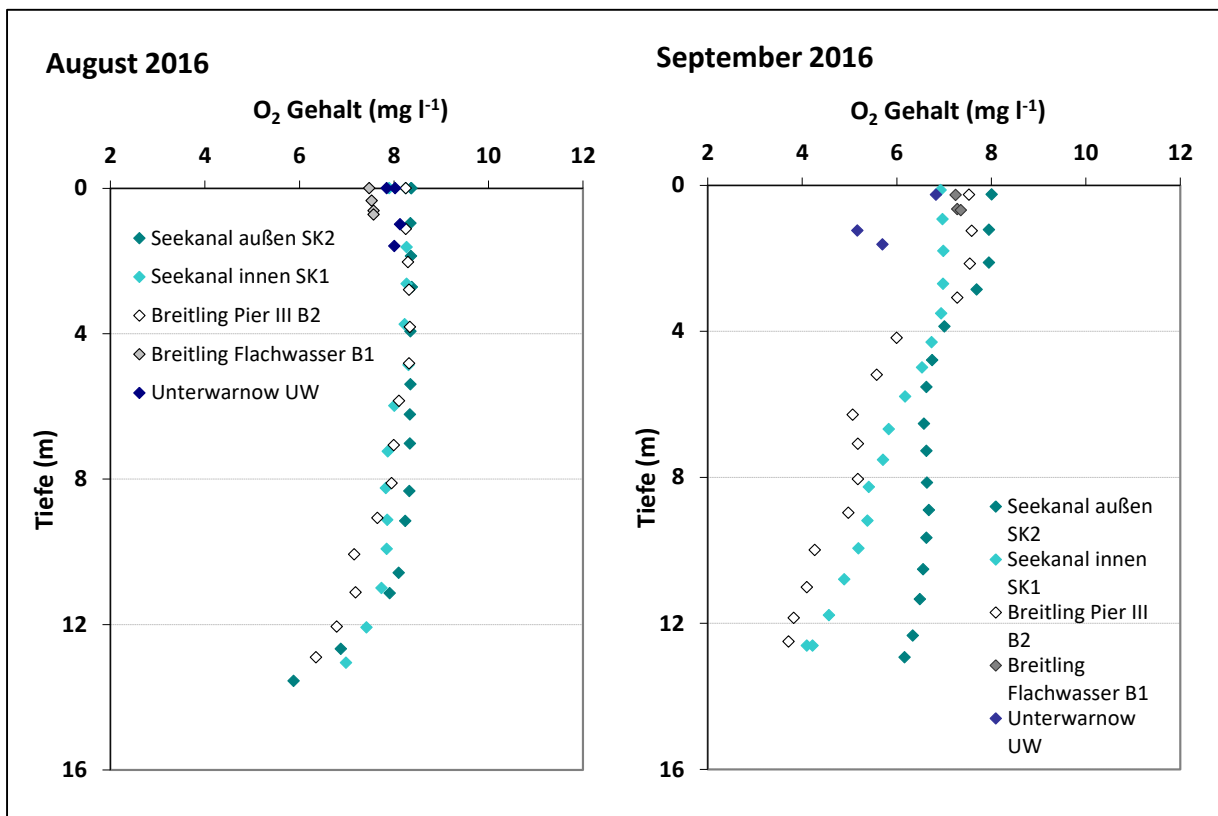


Abbildung 36: Tiefenprofile der Sauerstoffgehalte im August und September 2016 an allen Stationen im Untersuchungsgebiet.

Im September 2016 lagen die Sauerstoffgehalte an der Oberfläche mit Werten zwischen 6,83 und 8,01 mg l⁻¹ niedriger als im August (Abbildung 36). Die Gehalte waren vor allem an den Stationen UW und SK1 mit Werten < 7,0 mg l⁻¹ geringer. In Bodennähe wurden die niedrigsten Sauerstoffgehalte mit 3,71 und 4,10 mg l⁻¹ an den Stationen B2 und SK1 gemessen, was Sauerstoffsättigungswerten zwischen 41,5 und 45,8 % entsprach. An diesen beiden Stationen waren auch die Unterschiede der Sauerstoffgehalte zwischen Oberfläche und Boden mit bis zu 3,8 mg l⁻¹ am größten. Dies war auf sauerstoffzehrende Abbauprozesse zurückzuführen, die auch durch höhere Ammoniumkonzentrationen in Bodennähe belegt wurden.

In Abbildung 37 ist der Verlauf der Sauerstoffsättigung an der äußeren und inneren Seekanal-Station im Vergleich dargestellt. An der äußeren Seekanal-Station SK2 lagen die Sauerstoffsättigungswerte bis auf wenige Ausnahmen zwischen 90 und 100 % und damit in einem unkritischen Bereich ohne Defizite. Lediglich im August und September 2016 wurden aufgrund von Abbauprozessen insbesondere in Bodennähe geringere Sättigungswerte gemessen, die aber Sättigungswerte von 70 % nur knapp unterschritten. An der inneren Seekanal-Station SK1 wurden Sättigungswerte zwischen 85 und 100 % ermittelt, die damit ungefähr im gleichen Bereich lagen. In Bodennähe lag die Sauerstoffsättigung zwischen 80 und 86 % mit Ausnahme des Monats September. Im September 2016 nahm die Sauerstoffsättigung auf Werte unter 50 % ab, was einem Sauerstoffgehalt von 4 mg l⁻¹ entsprach.

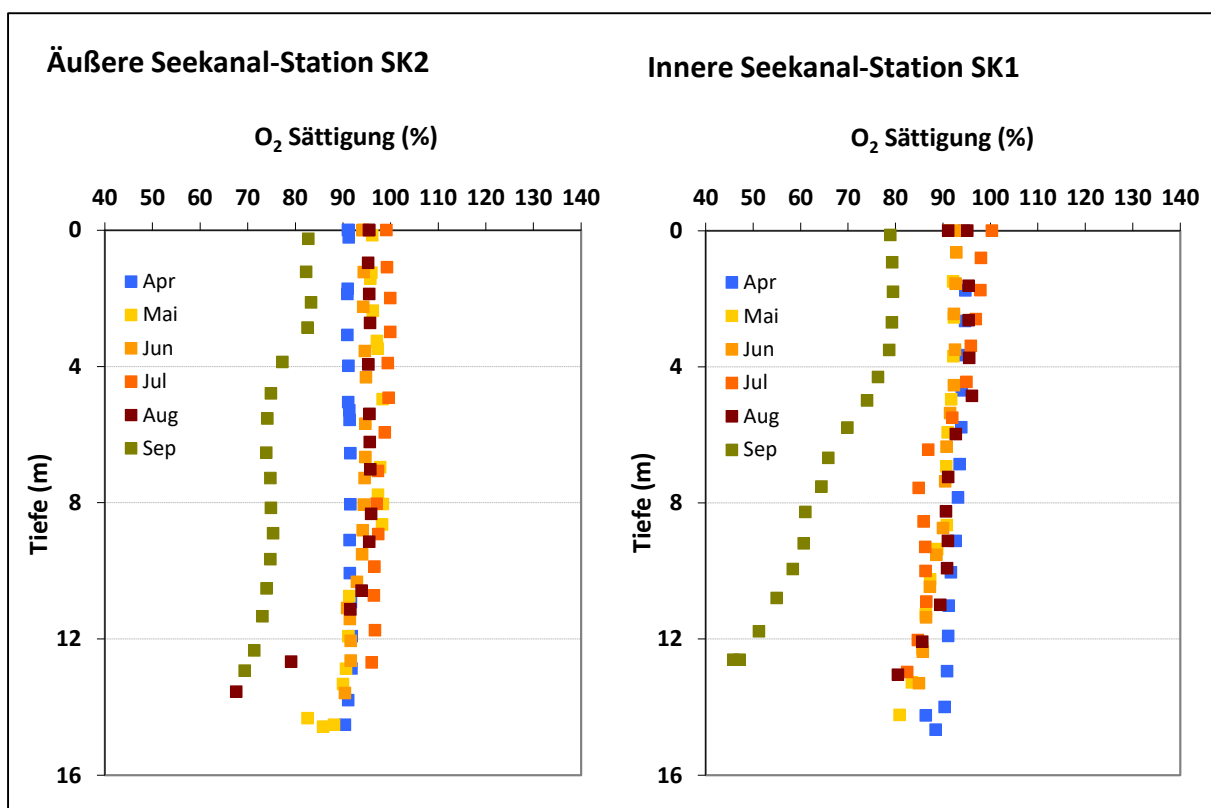


Abbildung 37: Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung an der äußeren und inneren Seekanal-Station (SK2 und SK1) für den gesamten Beprobungszeitraum von April bis September 2016.

Abbildung 38 zeigt den Verlauf der Sauerstoffsättigung an der tieferen Breitling-Station B2 sowie an der flachen Unterwarnow-Station UW und lässt im Vergleich zu den Seekanal-Stationen die deutlich größere Spanne der Sättigungswerte erkennen. Insbesondere im Juli 2016 wurden hohe Sättigungswerte zwischen 120 und 125 % an beiden Stationen erreicht, während es im September an der Breitling-Station in Bodennähe zu einem geringen Sättigungswert von nur noch 41,5 % kam, der einem Sauerstoffgehalt von $3,7 \text{ mg l}^{-1}$ entsprach und somit in einem Bereich lag, in dem die benthische Lebensgemeinschaft bereits negativ beeinflusst werden kann. An der Station UW wurden ebenfalls im September 2016 mit 64,9 % die geringsten Sauerstoffsättigungswerte gemessen, die Sauerstoffgehalten von $5,7 \text{ mg l}^{-1}$ entsprachen.

An den Untersuchungsstationen UW4 und UW6 des LUNG (Abbildung 47), die für einen Vergleich herangezogen wurden, lagen im September 2015 ähnlich niedrige Sauerstoffsättigungswerte von 55 % an der Station UW4 (Vergleich zur Station SK1) und 47 % an der Station UW 6 (Vergleich zur Station B2) jeweils in Bodennähe vor.

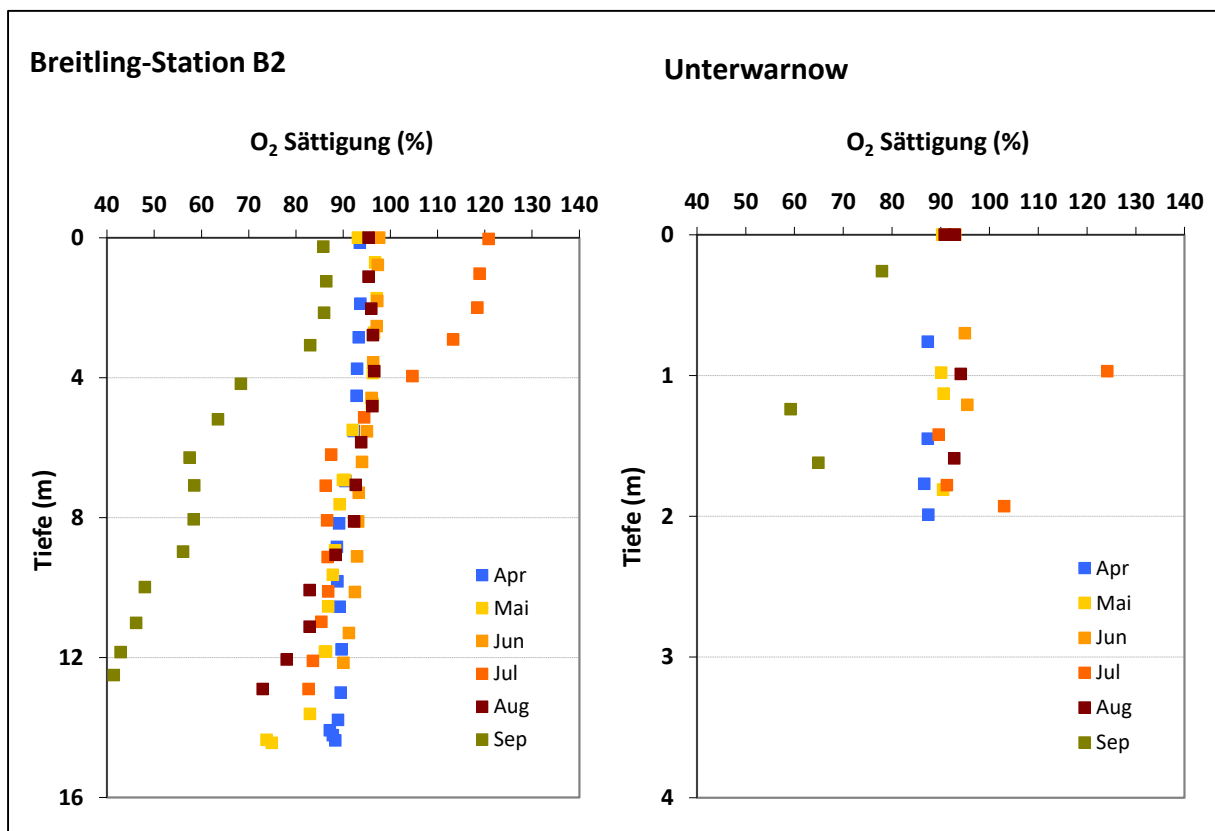


Abbildung 38: Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung an der Breitling-Station B2 und der Unterwarnow-Station UW für den gesamten Beprobungszeitraum von April bis September 2016.

5.2 Nährstoffe

Im Folgenden werden die Untersuchungsergebnisse für die einzelnen Nährstoffe in einer Übersicht für alle Stationen über den gesamten Beprobungszeitraum von April bis September 2016 dargestellt, um einen Überblick über den jahreszeitlichen Verlauf der Konzentrationen zu erhalten.

5.2.1 Nitrat

Abbildung 39 gibt mit einer hochskalierten Konzentrationsachse einen Überblick über die Nitratgehalte an den Messstationen über den Gesamterfassungszeitraum von April bis September 2016.

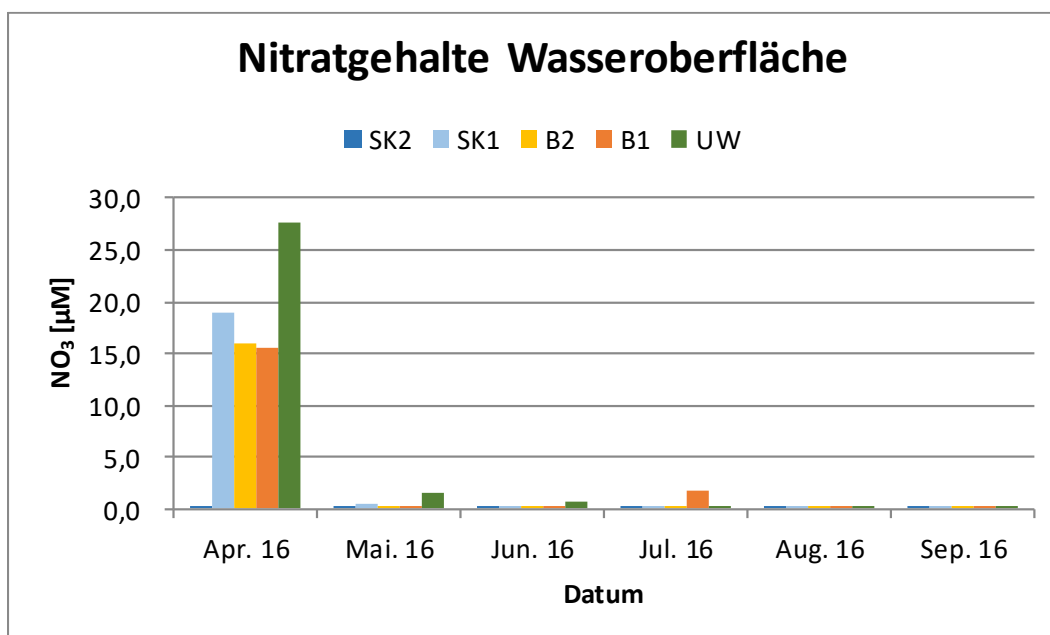


Abbildung 39: Nitratgehalte an der Wasseroberfläche an allen Untersuchungsstationen von April bis September 2016.

Mit Ausnahme der seewärtigen Station SK2 mit einer Konzentration von 0,4 µM waren die Nitratgehalte an der Oberfläche im Monat April im Jahre 2016 an allen Stationen sehr hoch und lagen zwischen 16 µM im Breitling und 28 µM in der Unterwarnow. Auch an der Station SK1 (Innenmole) wurden 19 µM erreicht. In den Folgemonaten von Mai bis September waren dann die Konzentrationen generell sehr niedrig. So wurden – abgesehen von den Stationen UW im Mai (1,5 µM) und B1 im Juli (1,8 µM) – während der gesamten Wachstumsperiode an allen Stationen Konzentrationen von 0,6 µM nicht überschritten, zumeist wurden Werte < 0,4 µM registriert. Im September wurden in allen Oberflächenproben minimale Werte von < 0,1 µM erreicht.

In Abbildung 40 wird deutlich, dass im April die Oberflächenkonzentrationen an allen tieferen Stationen deutlich über den bodennahen Konzentrationen lagen. An der seewärtigen SK2-Station war dieser Effekt weniger stark ausgeprägt. Hier liegt ein Hinweis vor, dass die gemessenen Konzentrationen und die zugehörigen Stickstofffrachten Einträge aus dem Oberwasser der Warnow und den zugehörigen Wassereinzugsgebieten darstellten.

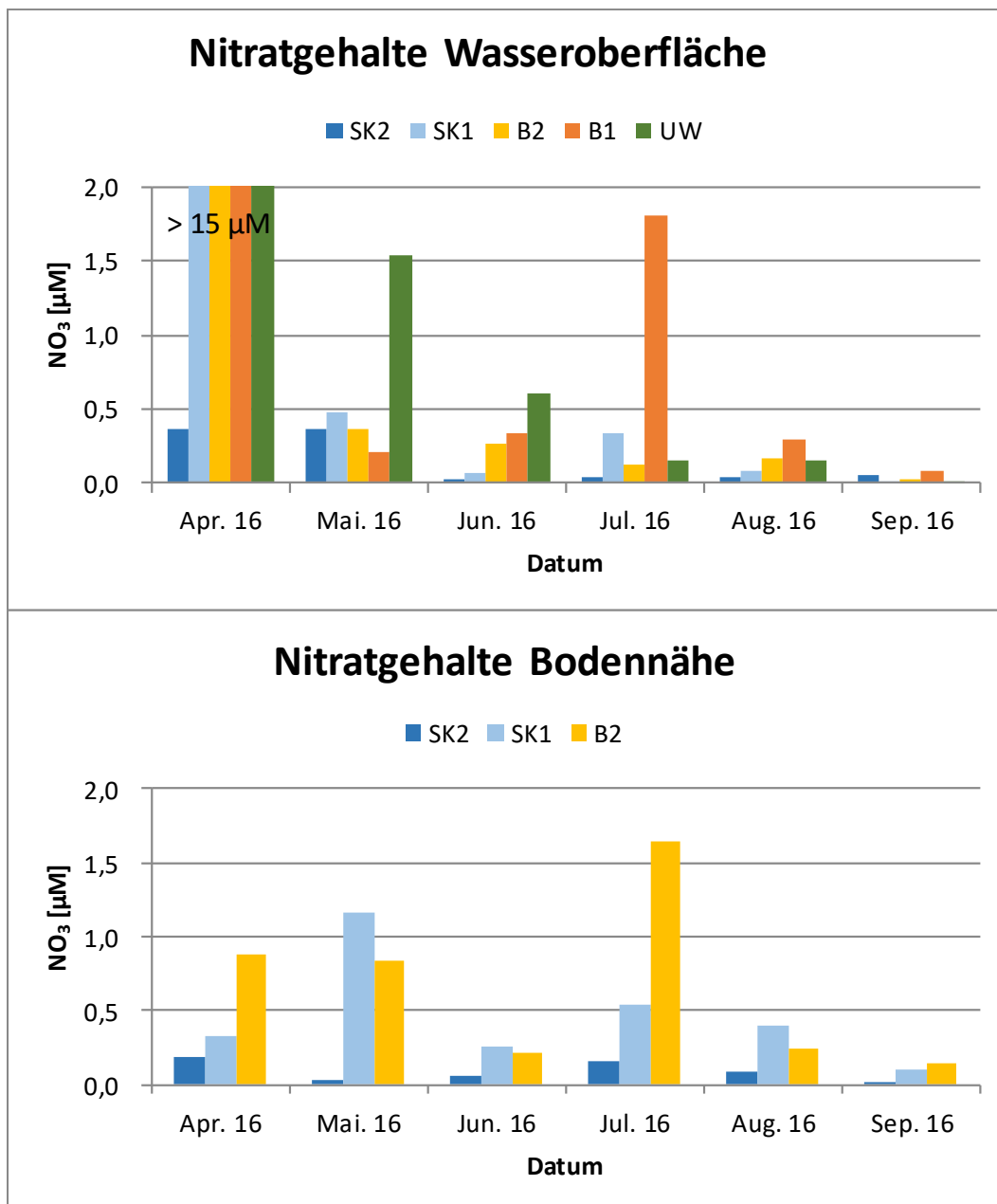


Abbildung 40: Nitratgehalte an der Wasseroberfläche und in Bodennähe an allen Untersuchungsstationen (Bodennähe nur tiefe Stationen) von April bis September 2016 (die obere Grafik entspricht Abbildung 39 mit veränderter Konzentrationskala).

Für die übrigen Monate von Mai bis September waren die bodennahen Nitratkonzentrationen generell leicht höher als diejenigen an der Wasseroberfläche; die deutlich höheren Werte an Station B2 im Breitling im Mai und Juli hingen vermutlich damit zusammen, dass der Probenahmeschöpfer unmittelbar über Grund geschlossen und dadurch bereits sedimentnahe Wasserschichten erfasst wurden.

5.2.2 Ammonium

Abbildung 41 zeigt die Konzentrationsverläufe für Ammonium an allen Stationen. Im April waren die Konzentrationen mit Ausnahme der Station B1 generell am höchsten. Die Station UW erreichte mit 3 μM ein Maximum und auch an der Station SK1, die nahe der seewärtigen Grenze lag, wurden $> 1,8 \mu\text{M}$ gemessen. Die bodennahen Werte lagen mit Konzentrationen $< 0,7 \mu\text{M}$ deutlich darunter.

Unter Berücksichtigung der hohen Nitratwerte im Oberflächenwasser, die ebenfalls im April 2016 an allen Warnow-Stationen außer SK2 gemessen wurden, weisen die hohen Ammoniumkonzentrationen ebenfalls auf Einträge aus dem Oberlauf der Warnow hin; es könnte sich unter anderem um landwirtschaftliche Einträge (Düngungen mit Gülle und/ oder Mineraldüngern) gehandelt haben.

An der Außenstation SK2 waren die Ammoniumwerte während der gesamten Wachstumsperiode relativ gering, keiner der gemessenen Werte überschritt die $0,8\text{-}\mu\text{M}$ -Schwelle. Auch die Unterschiede in den Konzentrationen zwischen Oberfläche und Bodennähe waren an dieser Station nur minimal und nicht signifikant.

Die generell höheren Ammoniumkonzentrationen mit einem Maximum von 4 μM Ammonium im Juni 2016 im östlichen Breitling, Station B1, waren vermutlich das Ergebnis kontinuierlicher Remineralisierungsprozesse während der Wachstumsperiode, die in diesem sehr flachen Gewässerbereich bevorzugt abliefen. Für diese Prozesse sprachen auch die hohen Nitratgehalte im Juli 2016, die aus den hohen Ammoniumkonzentrationen im Juni stammen konnten. Aufgrund der geringen Wasseraustauschprozesse und geringen Wassertiefe im östlichen Breitling fungiert das Gewässer quasi wie ein Bioreaktor, indem biochemische Prozesse wie die Nitrifizierung – die Umwandlung von Ammonium über Nitrit zu Nitrat – besser beobachtet und nachverfolgt werden können.

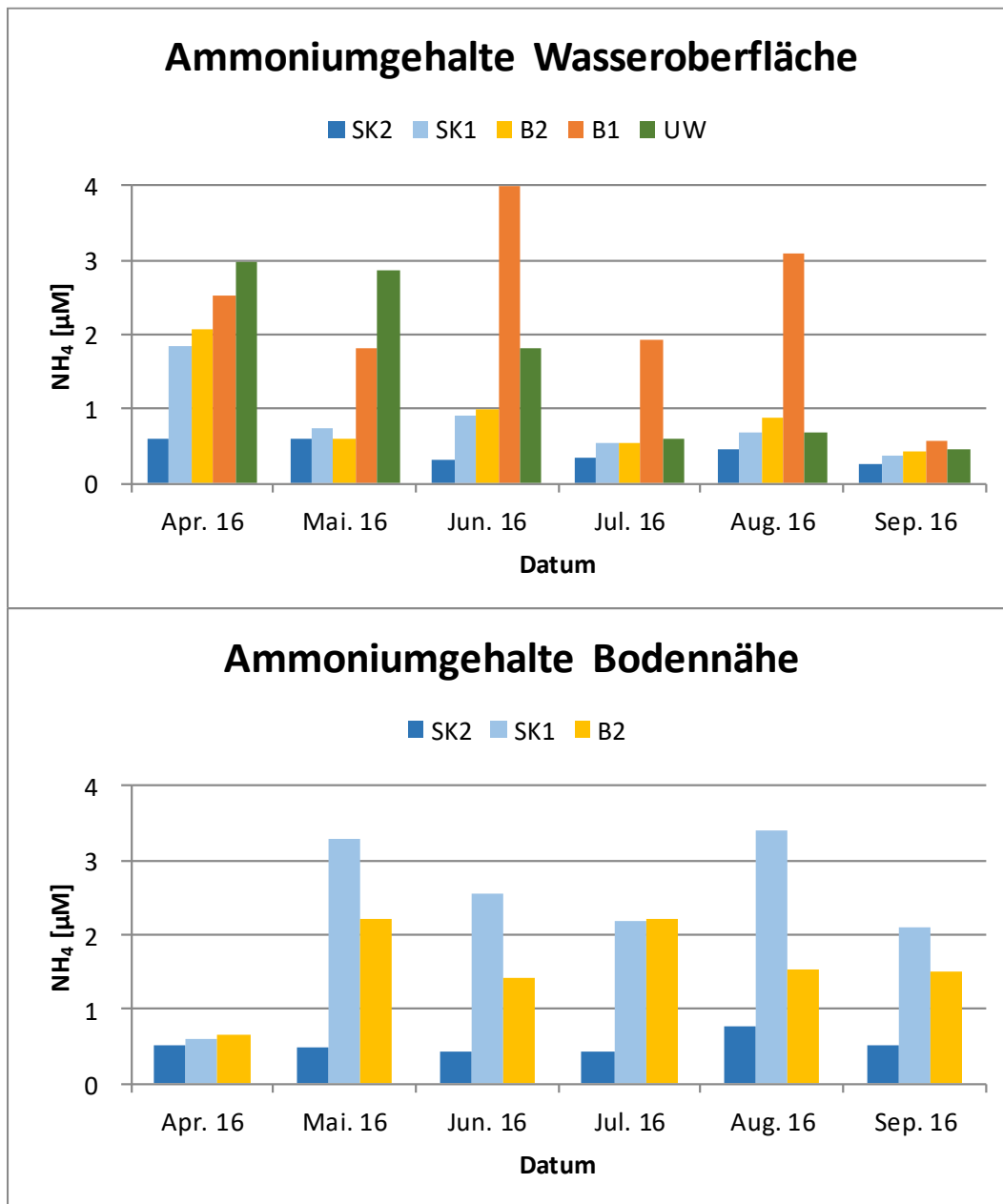


Abbildung 41: Ammoniumgehalte an der Wasseroberfläche und in Bodennähe an allen Untersuchungsstationen (Bodennähe nur tiefe Stationen) von April bis September 2016.

5.2.3 Nitrit

Nitrit ist ein Zwischenprodukt, das beim Nitrifikationsprozess, das heißt bei der Umwandlung von Ammonium zu Nitrat, auftritt. Dieser Prozess läuft in zwei Teilschritten ab: In der ersten Teilstufe wird das aus organischer Substanz entstehende Ammonium als erste anorganische Stickstoffkomponente durch *Nitrosomonas*-Bakterien zu Nitrit oxidiert und in der zweiten Stufe das entstandene Nitrit zu Nitrat. Für Letzteres sind *Nitrobacter*-Bakterien verantwortlich. Für beide Prozesse ist Sauerstoff erforderlich. Ist einer der beiden Teilprozesse gehemmt, verlaufen sie mit unterschiedlicher Geschwindigkeit und der Prozess bleibt entweder auf der

Ammonium- oder auf der Nitritstufe stehen und die Konzentrationen des entsprechenden Stoffes erhöhen sich signifikant. Erhöhte Ammonium- und Nitritkonzentrationen können in natürlichen Gewässern auch dann entstehen, wenn plötzlich hohe organische Belastungen, etwa durch Einleitungen oder starke Niederschlagsereignisse, auftreten. Dann reichen die Umwandlungskapazitäten der entsprechenden Bakterien oder der Sauerstoffgehalt unter Umständen nicht aus, eine vollständige Umwandlung zu bewirken.

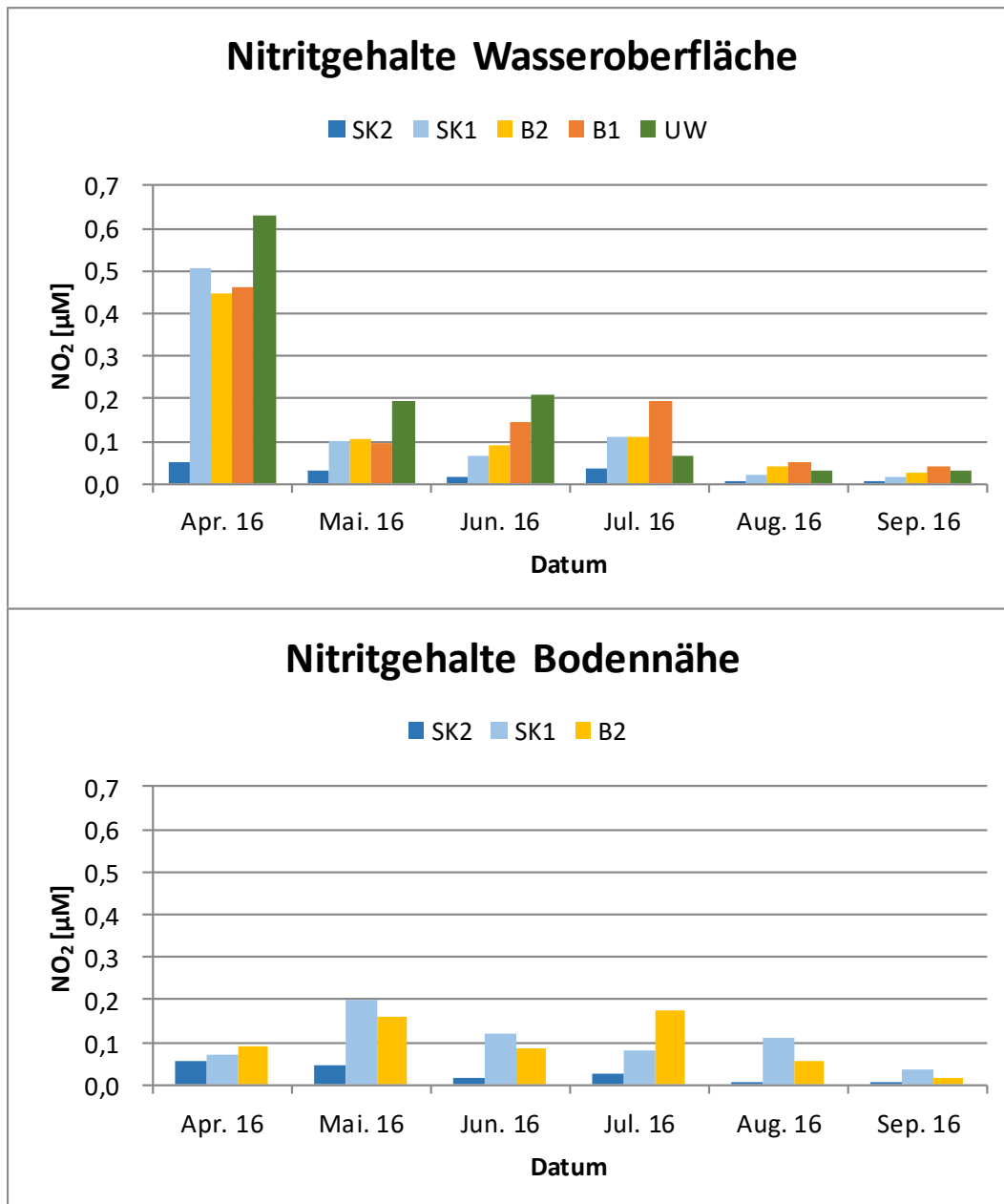


Abbildung 42: Nitritgehalte an der Wasseroberfläche und in Bodennähe an allen Untersuchungsstationen (Bodennähe nur tiefe Stationen) von April bis September 2016.

Eine solche Situation schien im April 2016 vorgelegen zu haben. Wie schon beschrieben, waren mit Ausnahme der Station SK2 die Nitrat- und Ammoniumwerte im Oberflächenwasser relativ hoch. Gleiches galt für die Nitritwerte, die mit 0,44 bis 0,63 μM im April deutlich höher waren als in den übrigen Untersuchungsmonaten (Abbildung 42). Insgesamt fanden sich hier starke Hinweise auf Stickstoffeinträge in die Unterwarnow, die z.B. aus Niederschlagsereignissen in Agrargebieten stammen konnten. Bei solchen Ereignissen kommt es regelmäßig zu Ausschwemmungen aus Ackerflächen in die angrenzenden Gewässer. Das kann insbesondere in Zeiten der Ausbringung von Gülle und Mineraldünger zu deutlichen Signalen in den Stickstoffkonzentrationen der Hauptgewässer wie der Warnow führen.

In den Folgemonaten von Mai bis September lagen die Oberflächenkonzentrationen an allen Stationen innerhalb der Mole Warnemünde deutlich niedriger und überschritten die 2- μM -Grenze nicht. Im August und September 2016 waren die Werte generell $< 0,05 \mu\text{M}$. Auf der seewärtigen Station SK2 waren die Konzentrationen im gesamten Jahresverlauf $< 0,05 \mu\text{M}$.

Mit Ausnahme des Monats April lagen die bodennahen Konzentrationen des Nitrits in den Folgemonaten meist leicht über den oberflächennahen Konzentrationen, sie überstiegen aber einen Schwellenwert von 0,2 μM nicht.

5.2.4 Phosphat

Die Phosphatkonzentrationen (Abbildung 43) waren im April 2016 an allen Stationen $< 0,15 \mu\text{M}$ an der Oberfläche und auch in Bodennähe wurden 0,20 μM nicht überschritten. Insbesondere an der Wasseroberfläche war dann im weiteren Jahresverlauf bis September ein deutlicher Anstieg der Werte auf über 1,5 μM zu beobachten. Ausnahme war die Unterwarnow-Station UW. Hier waren die Konzentrationsverläufe inkonsistenter und vermutlich auch durch den Oberflächenabfluss der Warnow stärker beeinflusst. Maxima zeigten sich hier mit $> 0,8 \mu\text{M}$ im Juni und $> 2,3$ im September.

Bis einschließlich August 2016 lagen die bodennahen Phosphatkonzentrationen leicht über den Oberflächenkonzentrationen, deutliche Gradienten konnten aber nicht identifiziert werden. Im September zeigten die Stationen SK1 und B2, die im Bereich der Unterwarnow lagen, in der Wasseroberfläche höhere Werte als im Bodenbereich.

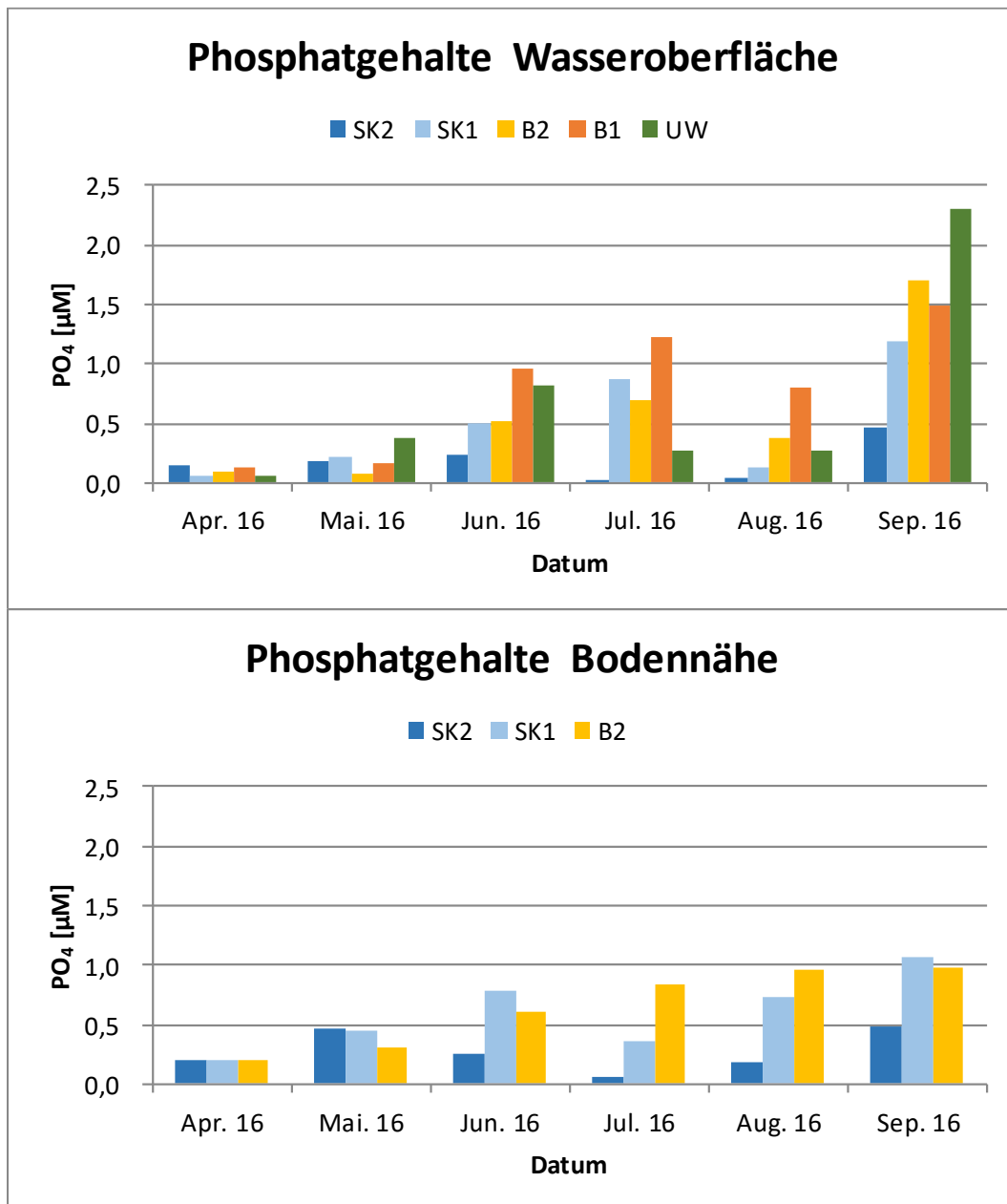


Abbildung 43: Phosphatgehalte an der Wasseroberfläche und in Bodennähe an allen Untersuchungsstationen (Bodennähe nur tiefe Stationen) von April bis September 2016.

5.2.5 Silikat

Im Vergleich zu den Stickstoffkonzentrationen zeigten die Silikatkonzentrationen im Oberflächenwasser einen anderen Verlauf, wie die Abbildung 44 zeigt:

Im April, Mai und August fanden sich eher niedrige Werte zwischen 2 und 15 μM , mit einem Maximum von 18 μM im April (Station UW). Maximale Konzentrationen zwischen 46 und 54 μM wurden dagegen im Juni, Juli und September an der Station UW gemessen. Auch im Breitling und an der Innenmole (SK1) wurden in die-

sen Monaten höhere Gehalte gemessen. Generell ließen die Verteilungen der Silikatgehalte im Oberflächenwasser einen Gradienten von der Unterwarnow in Richtung offene Ostsee mit abnehmenden Konzentrationen aufgrund des Verdünnungseffekts durch Ostseewasser erkennen.

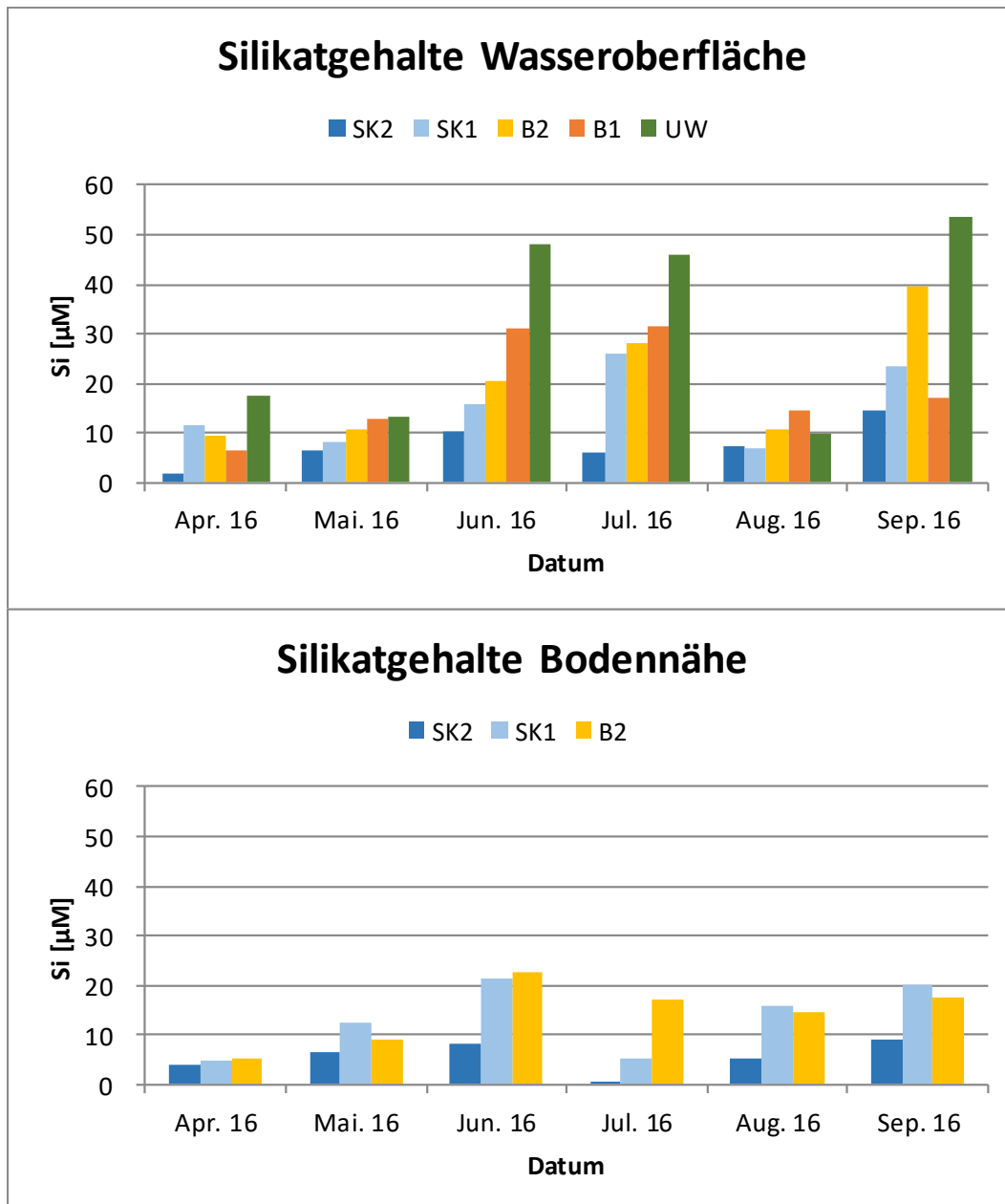


Abbildung 44: Silikatgehalte an der Wasseroberfläche und in Bodennähe an allen Untersuchungsstationen (Bodennähe nur tiefe Stationen) von April bis September 2016.

Die Gehalte in den bodennahen Schichten waren bis auf einige Ausnahmen generell niedriger als an der Wasseroberfläche (Abbildung 44). Maximale Werte von $> 20 \mu\text{M}$ wurden im Juni an den Stationen SK1 und B2 ermittelt.

An der seewärtigen Station SK2 lagen die meisten Konzentrationen sowohl an der Oberfläche als auch in den bodennahen Schichten unterhalb von 10 μM . Die Unterschiede in den Konzentrationen zwischen Oberfläche und Bodenwasser waren an dieser Station nur gering und starke Gradienten wurden nicht festgestellt.

5.2.6 Gesamtstickstoff und -phosphor

Die Gesamtstickstoff- und Gesamtphosphorgehalte über den Jahresverlauf zeigt Abbildung 45. Während die Gesamtphosphorkonzentrationen im April und Mai 2016 alle $< 1,5 \mu\text{M}$, zum großen Teil sogar $< 1,0 \mu\text{M}$ waren, erreichte Gesamtstickstoff mit Ausnahme der Station SK2 im April die höchsten Werte: Sie lagen zwischen 43 μM (B2) und 67 μM (UW). Im Mai sanken diese Konzentrationen auf 19 bis 35 μM und stiegen dann bis Juli wieder leicht an. Insgesamt waren die Gesamtstickstoffgehalte über das gesamte Jahr in der Unterwarnow mit bis zu 75 μM (September 2016) am höchsten, an der Seestation SK2 mit 10 bis 22 μM am niedrigsten. Ausnahme war der August: In diesem Monat lagen alle Werte zwischen 22 und 27 μM . Die hohen Unterwarnow-Konzentrationen über das gesamte Jahr und mit deutlichen Maxima im April und September wiesen auf die Warnow als permanente Stickstoffquelle hin.

Die Gesamtphosphorgehalte nahmen dann im Juni und Juli deutlich zu und überschritten an der Station UW die 2- μM -Schwelle. Im September wurden an dieser Station sogar 8 μM erreicht. Der August hatte dagegen im Bereich der Unterwarnow-Stationen - analog zum Gesamtstickstoff - mit Konzentrationen von 0,8 bis 1,3 μM deutlich niedrigere Werte.

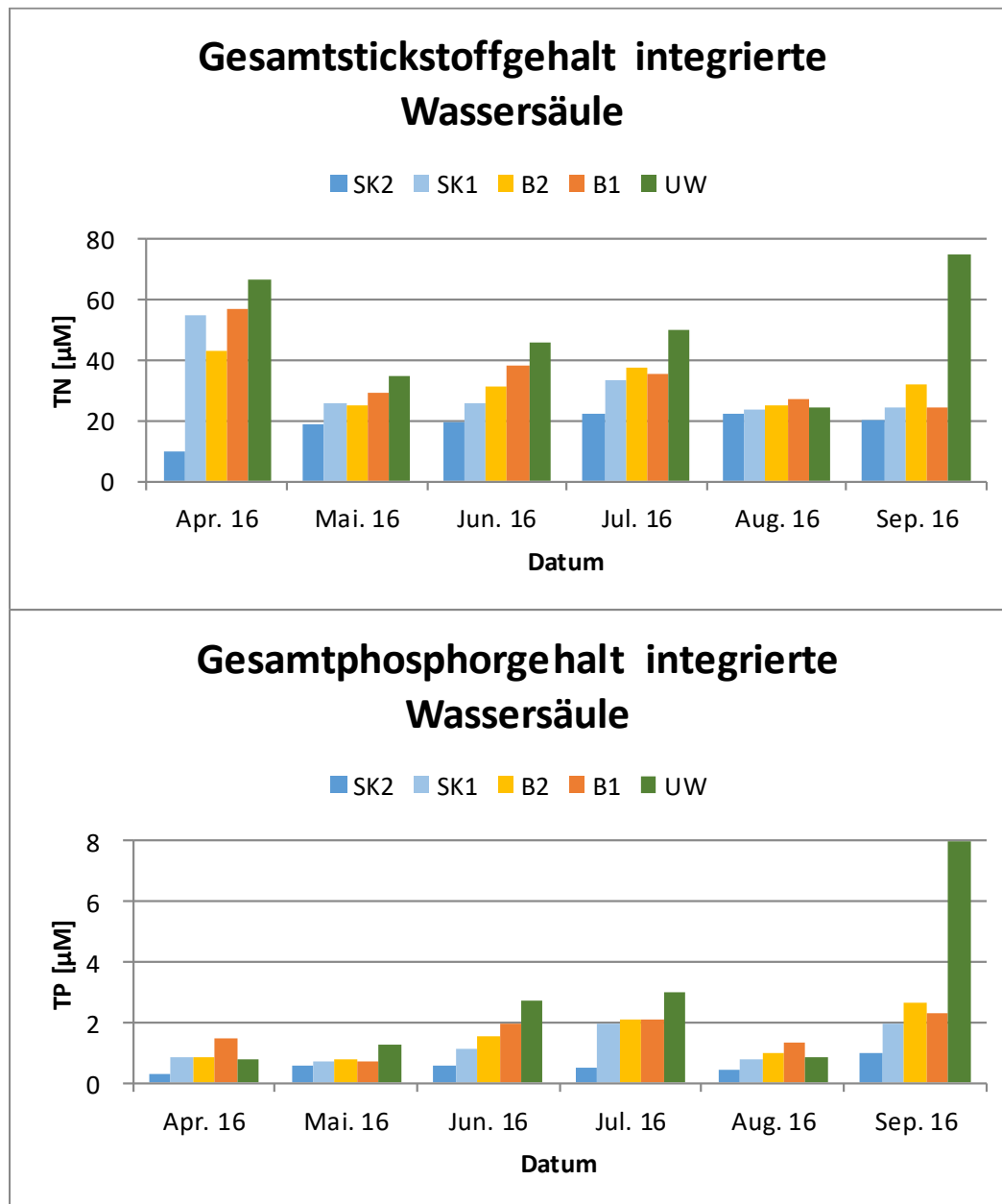


Abbildung 45: Gehalte an Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor über die integrierte Wassersäule an allen Untersuchungsstationen von April bis September 2016.

5.3 Trockenmassen

Die Trockenmasse ist die mittels des in Kapitel 2.3.5 beschriebenen Verfahrens nach Abzug des enthaltenen Wassers erhaltene Substanz (organische Substanz, mineralische Bestandteile), die als Maß der Schwebstoffkonzentration in der Wassersäule verwendet wird. So können hohe Trockenmassekonzentrationen ein Hinweis auf Algenblüten sein und Aussagen zur Lage in der Wassersäule (z.B. zu bereits abgesunkenen Algenblüten) ermöglichen.

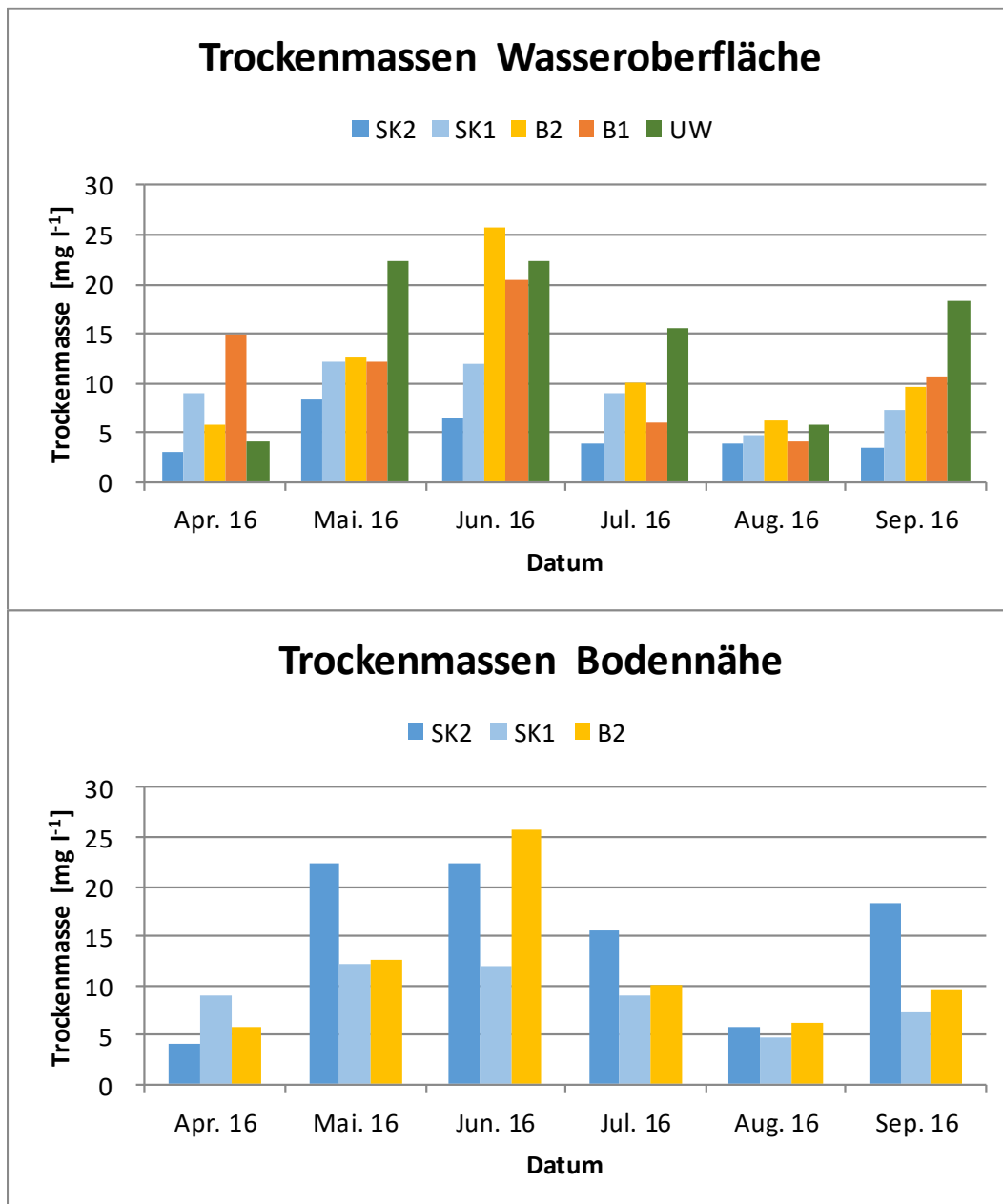


Abbildung 46: Gehalte an Trockenmasse an der Wasseroberfläche und in Bodennähe an allen Untersuchungsstationen (Bodennähe nur tiefe Stationen) von April bis September 2016.

Abbildung 46 zeigt die Trockenmassen, die an den verschiedenen Stationen über den Jahresverlauf in Proben aus dem Oberflächenwasser und Bodenwasser gemessen wurden.

Die niedrigsten Konzentrationen wurden in allen Monaten im Oberflächenwasser der Außenstation SK2 gemessen, sie lagen zwischen 3 und 8 mg l⁻¹. Die höchsten Werte fanden sich in der Unterwarnow (< 22 mg l⁻¹, Mai und Juni 2016) sowie im Breitling (B2, > 25 mg l⁻¹, Juni) in den oberen Wasserschichten; im Breitling (B2) wurden die Konzentrationsmaxima im Juni auch im Bodenwasser erreicht.

Generell waren die bodennahen Konzentrationen der Trockenmassen an der see-wärtigen Station SK2 deutlich höher als an der Oberfläche. Das galt nicht für die anderen Stationen SK1 und B2, hier waren die Unterschiede zwischen den Gehalten an der Oberfläche und im Bodenwasser nur gering ausgeprägt und es gab keine starken Gradienten. Im August waren die Trockenmassenkonzentrationen relativ einheitlich niedrig, sie lagen um 5 mg l^{-1} herum.

5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse der physikalisch-chemischen Messungen

Die Temperaturen und Salzgehalte an allen Stationen zeigten Verläufe, die sowohl eine saisonale Entwicklung als auch eine Abhängigkeit vom Oberflächenwasserabfluss der Warnow zeigten. So wurden in bodennahen Schichten an der Station SK2 Salzgehalte von bis zu 18,7 erreicht, während die Unterwarnow-Station im April bei hohen Abflüssen nur einen Wert von 8,8 erreichte. Die Temperaturen erreichten im Sommer Maxima von 19 °C an der Oberfläche, während die tieferen Wasserschichten an der Station SK2 sogar im Juni nur Werte von $< 13 \text{ °C}$ erreichten. Im April waren die vertikalen Temperatur- und Salzgradienten an der äußeren Seekanalstation SK2 am geringsten.

In den Sommermonaten konnten an der seewärtigen Station SK2 Schichtungseffekte beobachten werden, bei der sich wärmeres Oberflächenwasser mit geringeren Salzgehalten über kälteres Bodenwasser mit höheren Salzgehalten schob. Diese Ausbildung von thermohalinen Grenzschichten führen oft zu einem erheblich eingeschränkten vertikalen Energie- und Stoffaustausch.

Die Leitfähigkeitsdaten folgten im Wesentlichen den Verläufen der Salzgehaltsdaten, es wurden ähnliche vertikale Gradienten beobachtet und auch die Änderungen über die Monate verliefen analog.

Die pH-Werte lagen im April, Mai und Juni zwischen 8 und 8,3 und stiegen dann im Oberflächenwasser an allen Stationen infolge der ansteigenden biologischen Aktivität an. Maximale Werte von $> 8,5$ wurden im Juli und August erreicht. Dabei gab es leichte vertikale Gradienten, bei denen der pH im Bodenwasser bis zu 0,5 Einheiten niedriger war. Im September waren alle pH-Werte deutlich niedriger, die Differenz zu den Sommerwerten betrug teilweise bis zu 0,75.

Die Sauerstoffsituation war von April bis Juli an allen Stationen unkritisch; die Konzentrationen lagen im Wesentlichen zwischen 8 und 10 mg l^{-1} , entsprechend 90 bis 100 % Sättigung. Im Juli gab es im Breitling und in der Unterwarnow oberflächennah sogar Übersättigungen von $> 120 \%$, vermutlich bedingt durch starke Primärproduktion. Im September sanken die Oberflächenwerte auf teilweise unter 80 %, in den tiefen Wasserschichten an den Stationen SK1 und B2 wurde zum Teil die 40 %-Grenze, entsprechend etwa 3 mg l^{-1} , erreicht. Hierfür waren vermutlich die starken Abbauprozesse in den unteren Wasserschichten verantwortlich, die

nach den Algenblüten mit sehr hohen Biomassen eingesetzt hatten. Diese niedrigen Sauerstoffkonzentrationen konnten für empfindliche und nicht-mobile Organismen bereits zu einer starken Beeinträchtigung und sogar höheren Mortalitätsraten geführt haben.

Nach anfänglich sehr hohen Nitratkonzentrationen ($> 15 \mu\text{M}$) im April 2016, die vermutlich aus der Oberwarnow eingetragen wurden und die sich auch in hohen Ammonium- und Nitritwerten widerspiegelten, sanken die Werte im Oberflächenwasser an allen Unterwarnow-Stationen in den Folgemonaten sehr deutlich ab ($< 0,5 \mu\text{M}$) und erreichten im September 2016 ein Wachstum limitierendes Minimum ($< 0,1 \mu\text{M}$). Die seewärtige Station SK2 hatte das ganze Jahr über relativ niedrige Nitratwerte.

Phosphat zeigt einen eher gegenläufigen Trend: Nach niedrigen Anfangskonzentrationen in der Unterwarnow im April 2016 stiegen alle Oberflächenwerte über das Jahr an und erreichten im September maximale Werte, das wurde auch an der Station SK2 festgestellt. Das aus relativ schnellen Mineralisierungsprozessen freigesetzte Phosphat konnte im Jahresverlauf vermutlich wegen der sehr niedrigen Nitratgehalte und der dadurch einsetzenden Stickstofflimitierung des autotrophen Planktons nicht mehr aufgenommen werden und reichert sich im Wasserkörper an. Im Gegensatz zu Stickstoff wird Phosphat weniger über das Oberflächenwasser der Warnow eingetragen, Hauptquelle sind diffuse Einträge mit Grundwasser als Haupteintragspfad.

Einen ähnlichen Verlauf zeigten die Silikatwerte, die im April deutlich niedriger als in den Sommermonaten und im September waren. Hier könnten vor dem April abgelaufene Frühjahrsblüten von Diatomeen eine mögliche Ursache für die anfänglich niedrigen Konzentrationen gewesen sein. In den Folgemonaten wurde ein Teil des Silikats aus dem Algenabbau wieder remineralisiert und gelangte zurück in die Wassersäule.

Während die integrierten Gesamt-Stickstoffgehalte nach einem Maximum im April 2016 an jeder Station auf individuelle Werte absanken, die bis Juli in etwa gleichblieben, stiegen die Gesamt-Phosphorwerte nach niedrigen Konzentrationen im April und Mai auf etwa die doppelten Gehalte im Juni und Juli an. Insbesondere die Unterwarnow-Station erreichte dann im September mit $75 \mu\text{M N}$ und $8 \mu\text{M P}$ allerdings ein absolutes Maximum für beide Nährstoffe.

Die Trockenmassen als Maß für den Schwebstoffgehalt in der Wassersäule waren an der seewärtigen Station SK2 stets am geringsten. Die niedrigsten Konzentrationen für die Unterwarnow-Station wurden im April und August gefunden, hohe Maxima fanden sich im Mai und Juni als Folge stärkerer Algenblüten, gefolgt von Juli und September. Die seewärtige Station SK2 hatte stets die niedrigsten Konzentrationen an Trockenmasse.

6 Diskussion und Bewertung der Ergebnisse

6.1 Grundlagen

Der Fluss Warnow gehört zur Flussgebietseinheit (FGE) Warnow/Peene und mündet bei Warnemünde in die äußeren Küstengewässer der Ostsee. Die Wassereinzugsfläche der Warnow beträgt über 3200 km², wobei der größte Teil davon kontrolliert über das Mühlendammwehr aus der Oberwarnow in die Unterwarnow entwässert wird (Rosenbaum 2015).

Die Unterwarnow selbst sowie der Warnemünde direkt vorgelagerte Küstenstreifen gehören zu den Küstenwasserkörpern; die Unterwarnow (WRRL-Wasserkörper WP 05) mit den Messstationen UW, B1, B2 und SK1 wird zu den mesohalinen, inneren Küstengewässern des Typs B2 (Typbezeichnung B2a) gerechnet. Die außenliegende Messstation SK2 liegt bereits knapp außerhalb des Küstengewässers B3, das sich innerhalb der 1-sm-Zone die Küste entlang erstreckt; diese Station wird deshalb dem WRRL-Wasserkörper WP 20 (1- bis 12-Seemeilen-Zone ohne Typbezeichnung) zugeordnet.

Für eine Einordnung der im Jahr 2016 erhobenen eigenen Messwerte lagen Vergleichsdaten des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) in Mecklenburg-Vorpommern aus den Jahren 2011 bis 2015 von verschiedenen Monitoring-Stationen im Untersuchungsgebiet vor. In Abbildung 47 sind die Messstationen der eigenen Untersuchung sowie die Lage der Überwachungsstationen des LUNG dargestellt. Die Monitoring-Stationen UW2, UW3, UW4 und UW6 werden dem Wasserkörper der Unterwarnow WP 05 (mesohalines inneres Küstengewässer Typ B2a) zugeordnet, während die Station UW5 zum langgestreckten Küstenwasserkörper (B3b) zwischen Warnemünde und Darß gehört (WP 06). Die Überwachungsstation O5 liegt bereits außerhalb des 1-Seemeilengebiets und wird dem Küstenwasserkörper WP-20 ohne Typbezeichnung zugeordnet.

Wie Abbildung 47 zeigt, konnten die Messergebnisse der Stationen O5 und SK2 sowie UW4 und SK1 auf Grund ihrer räumlichen Nähe direkt miteinander verglichen werden.

Ferner konnte die Monitoring-Station UW6 für den Vergleich mit den Messstationen B2 und B1 im Breitling verwendet werden. Im Bereich der Unterwarnow wurde die Messstation UW für den vorgenommenen Vergleich mit den LUNG-Messergebnissen aus Sondenmessungen der Monitoring-Station UW3 zugeordnet, auch wenn diese etwas weiter südlich und damit stärker im Einflussbereich des Flusregimes der Unterwarnow liegt. Für den Vergleich der Nährstoffdaten an der Messstation UW wurde ein Gesamtdatensatz des LUNG für die Monitoring-Stationen UW3 **und** UW4 verwendet, um mögliche Konzentrationsgradienten zwischen diesen beiden Stationen besser zu erfassen und im Vergleich sichtbar zu machen.

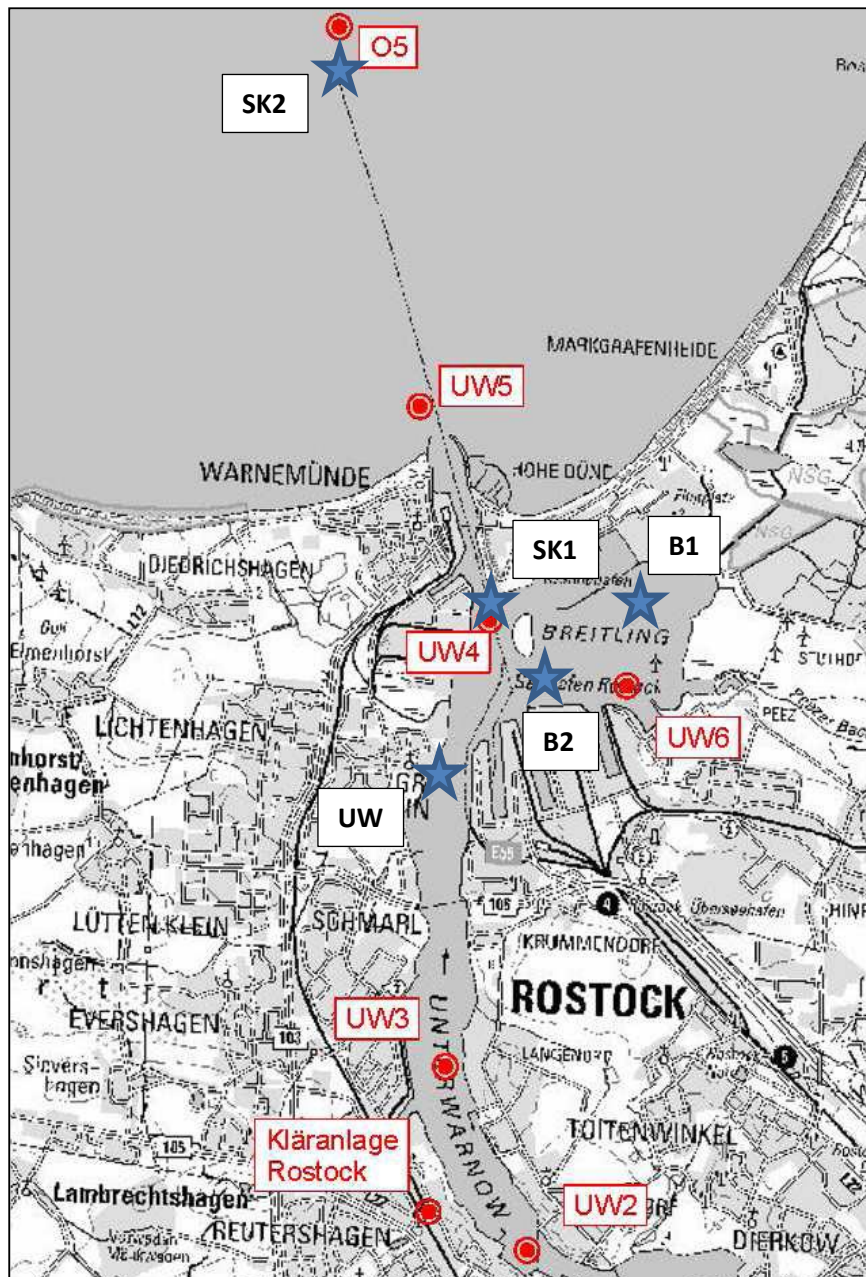


Abbildung 47: Lage der Messstellen für den Vergleich von LUNG Untersuchungsstationen (UW2-6, O5) mit ungefähre Lage der Beprobungsstationen SK2, SK1, B2, B1 und UW (Quelle: Masterarbeit Rosenbaum, 2015, Basiskarte GAIA-MV, verändert).

Im Verhältnis zur sehr großen Einzugsgebietsfläche der Warnow von > 3.000 km² hat das direkt wasserführende Gebiet der Unterwarnow nur eine kleine Fläche von etwa 13 km². Dieses Verhältnis sorgt für eine hohe stoffliche Belastung der Unterwarnow.

Das Gewässer wird als erheblich veränderter Wasserkörper (HMWB) eingestuft. Daher wird im Rahmen der WRRL das ökologische Potenzials und nicht der ökologische Zustand bewertet. Für den ersten und zweiten Bewirtschaftungszeitraum

wurde das ökologische Potenzial als ungenügend eingestuft und als Bewirtschaftungsziel ein mäßiges ökologisches Potenzial festgelegt. Hierfür wird die Ausnahmeregelung für weniger strenge Umweltziele in Anspruch genommen. Der Wasserkörper ist durch menschliche Tätigkeiten und daraus resultierende hydromorphologische Veränderungen und die hohe stoffliche Belastung durch historische und andauernde Stoffeinträge durch Schiffsverkehr, Abwasser und Landwirtschaft derart beeinträchtigt, dass die Erreichung des guten ökologischen Potenzials unmöglich bzw. mit unverhältnismäßig hohem Aufwand verbunden ist.

6.2 Phytoplankton

6.2.1 Sichttiefe (Secchi-Tiefe)

Die an der äußeren Seekanal-Station (SK2) im Jahr 2016 gemessenen Secchi-Tiefen zwischen 4,5 und 6 m waren gut vergleichbar mit den an der LUNG-Station O5 im Zeitraum 2011 bis 2015 ermittelten Sichttiefen zwischen 3,5 und 6,5 m. Die Secchi-Tiefen an der LUNG-Station UW4 schwankten in den vergangenen Jahren zwischen 1 und 5 m. Der Vergleich mit der inneren Seekanal-Station (SK1) ergab, dass die Secchi-Tiefen zwischen 2,5 und 4,5 m im Jahr 2016 eher im oberen Bereich lagen. Die beiden Breitling-Stationen wiesen 2016 Secchi-Tiefen zwischen 1,5 und 4,5 m auf und waren etwas höher als die an der LUNG-Station UW6 ermittelten Werte zwischen 0,8 und 3,5 m. Die an der Station Unterwarnow gemessenen Sichttiefen stimmten gut mit den Werten an der LUNG-Station UW3 mit Secchi-Tiefen zwischen 0,7 und 2,5 m überein. Insgesamt wurde eine gute Übereinstimmung in den gemessenen Secchi-Tiefen zwischen den Untersuchungen im Jahr 2016 und den Messergebnissen der LUNG-Stationen in den Vorjahren ermittelt.

6.2.2 Chlorophyll-a

Die vom Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) vorliegenden Messungen an einer etwas weiter südlich gelegenen Überwachungsstation im Bereich der Unterwarnow (UW3) zeigten in den Vorjahren ähnliche Chlorophyll-a-Gehalte, die im Zeitraum 2011-2015 im Juli durchschnittlich bei $29,3 \mu\text{g l}^{-1}$ lagen und im September bei $26,7 \mu\text{g l}^{-1}$. Im September waren die Schwankungen zwischen den einzelnen Jahren deutlich höher als im Juli. Die Gehalte lagen zwischen $6,6$ und $77,6 \mu\text{g l}^{-1}$ im September, während im Juli Gehalte zwischen $14,7$ und $51,2 \mu\text{g l}^{-1}$ an der Station UW3 gemessen wurden. In den Monaten Mai, Juni und August 2016 waren die Chlorophyll-a-Gehalte an der Unterwarnow-Station im Vergleich zu den Messungen vom LUNG an der Station UW3 unterdurchschnittlich gering und im Wesentlichen vermutlich auf abweichende Witterungsbedingungen zurückzuführen.

Neben der Unterwarnow-Station wiesen auch die anderen Untersuchungsstationen im Vergleich mit den Mittelwerten der entsprechenden LUNG-Stationen (Abbildung

47) geringere Chlorophyll-Gehalte auf. Die äußere Seekanal-Station SK2 lag dabei mit $1,6 \mu\text{g l}^{-1}$ für den Zeitraum April bis September 2016 noch relativ nah am Mittelwert der Vergleichsstation O5 mit $2,0 \mu\text{g l}^{-1}$ für den gleichen Zeitraum der Vorjahre 2011 bis 2015. An der inneren Seekanal-Station SK1 wurden im Zeitraum April bis September 2016 Chlorophyll-Gehalte zwischen $2,49$ und $8,69 \mu\text{g l}^{-1}$ gemessen, während an der LUNG-Vergleichsstation UW4 im gleichen Zeitraum der Vorjahre Gehalte zwischen $1,6$ und $41 \mu\text{g l}^{-1}$ ermittelt wurden. Auch der Vergleich von Monatsmittelwerten der LUNG-Station UW4 zu den Messergebnissen an der Station SK1 zeigte, dass die Chlorophyll-a-Gehalte im Jahr 2016 im unteren Bereich der LUNG-Messungen und insbesondere in den Monaten Mai und Juni deutlich unter den Gehalten der Vorjahre lagen. Für die Breitling-Stationen B2 und B1 wurde die LUNG-Station UW6 für einen Vergleich herangezogen, auch wenn diese zwischen B1 und B2 lag und somit, anders als die direkten Vergleiche an den Seekanal-Stationen, nur eine Orientierung liefern konnte. An der LUNG-Station UW6 wurden in den Vorjahren Chlorophyll-a-Gehalte zwischen $1,3$ und $46,2 \mu\text{g l}^{-1}$ gemessen, die eine große Schwankungsbreite aufwiesen. Die Messergebnisse an den Breitling-Stationen im Jahr 2016 lagen dagegen mit Werten zwischen $1,03$ und $3,71 \mu\text{g l}^{-1}$ an der Station B1 und zwischen $3,0$ und $10,31 \mu\text{g l}^{-1}$ an der Station B2 im unteren Bereich der Vergleichsstation UW6. Insbesondere in den Monaten Mai, Juni und August waren die Chlorophyll-a-Gehalte im Jahr 2016 an beiden Breitling-Stationen geringer als die Monatsmittelwerte an der LUNG-Station UW6. Dabei lagen die Gehalte an der Station B1 noch deutlich unter denen der Station B2.

Für die Einordnung der Chlorophyll-a-Gehalte wurden zum einen Zielwerte nach Schernewski et al. (2015) verwendet, die in Tabelle 11 für die verschiedenen Wasserkörper anhand einzelner Stationen zusammengestellt wurden. Zum anderen wurde die Bewertung nach der Methode von Sagert et al. (2008) mittels eines Planktonindexes für die Stationen und Wasserkörper vorgenommen, die im Bereich des 1-Seemeilen-Gebiets liegen und damit der WRRL-Bewertung unterliegen (siehe dazu Kapitel 0). Die verwendeten Zielwerte entsprechen dabei der gut/mäßig-Grenze für die Bewertung und somit waren Unterschreitungen einem guten ökologischen Zustand zuzuordnen, während Überschreitungen der Zielwerte einem mindestens mäßigen oder noch schlechteren ökologischen Zustand gleichzusetzen waren.

Tabelle 11: Zielwerte für Chlorophyll-a nach Schernewski et al. (2015) für verschiedene Wasserkörper anhand einzelner Stationen

Einzelstationen/Wasserkörper	Chl-a [$\mu\text{g l}^{-1}$]
O5 (WP-20)	1,7
UW4 (WP-05)	5,3
UW5 (WP-06)	2,4

In Abbildung 48 sind die Chlorophyll a-Gehalte aller Stationen der eigenen Untersuchungen aus dem Jahr 2016 zusammengestellt, die innerhalb des Wasserkörpers Unterwarnow (WP-05) liegen, und in Beziehung gesetzt zum Zielwert nach Schernewski et al. (2015). Daraus ergaben sich in den Monaten Juni, Juli und September 2016 Überschreitungen des Zielwerts für Chlorophyll a an der Station Unterwarnow (UW) und im Juli auch an den Stationen SK1 und B2. Der Mittelwert aller Chlorophyll-a-Gehalte an allen Stationen im Bereich des Unterwarnow-Wasserkörpers (WP-05) im Zeitraum Mai bis September lag bei $6,37 \mu\text{g l}^{-1}$ und zeigte durch die Überschreitung des Zielwerts einen nur mäßigen ökologischen Zustand bzw. mäßiges ökologisches Potenzial an. Dafür waren vor allem die erhöhten Chlorophyll-a-Gehalte an der Station Unterwarnow verantwortlich, denn die Mittelwerte der Chlorophyll-a-Gehalte an den anderen Stationen lagen jeweils unterhalb des Zielwertes. Da aber in diesem Gebiet nicht der Chlorophyll-a-Gehalt allein für die Einstufung der Qualitätskomponente Phytoplankton herangezogen wird, sondern der Phytoplanktonindex ermittelt wird (s.u. und Kapitel 0), ist an dieser Stelle auch keine abschließende Einstufung des Gewässerzustands auf Basis der Chlorophyll-a-Konzentrationen möglich und zulässig, sondern dient nur der Orientierung.

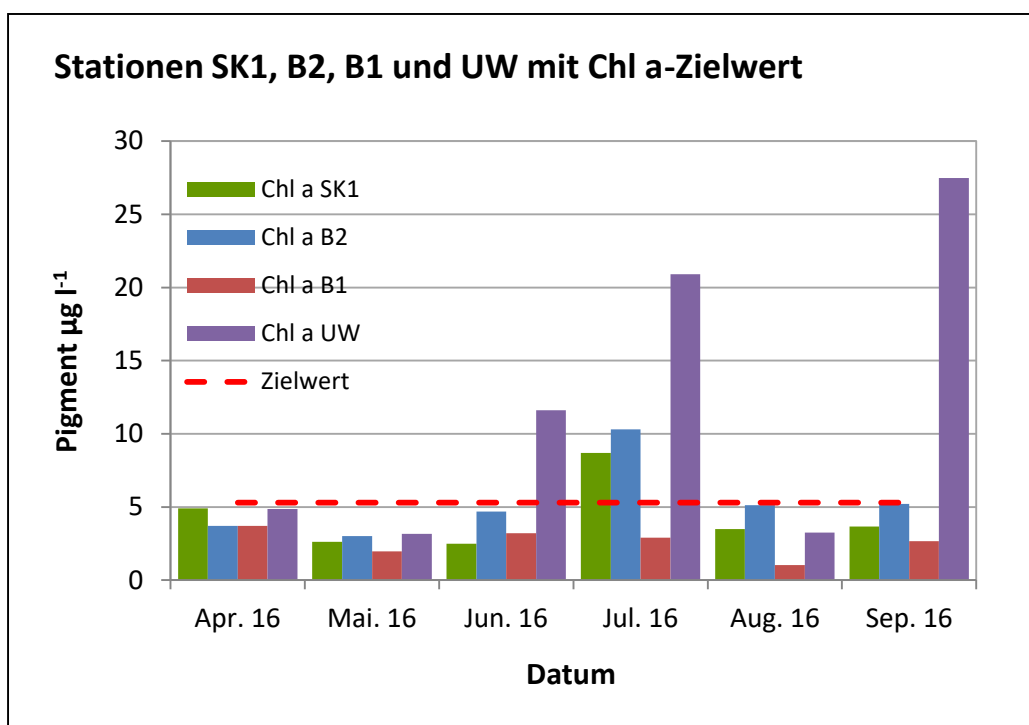


Abbildung 48: Chlorophyll a-Gehalte aller Stationen innerhalb des Wasserkörpers Unterwarnow mit Chl-a-Zielwert der Station UW4 nach Schernewski et al. (2015).

Die dem Wasserkörper WP-20 zugeordnete äußere Seekanal-Station SK2 und die dort ermittelten Chlorophyll a-Gehalte sind zusammen mit dem entsprechenden Zielwert nach Schernewski et al. (2015) in der Abbildung 49 dargestellt. Es wurde

dabei der Zielwert der Station O5, die in unmittelbarer Nähe der äußeren Seekanal-Station SK2 liegt (siehe Abbildung 47, verwendet. Danach ergeben sich Überschreitungen des Zielwerts im August und September 2016. Der Zielwert nach Schernewski et al. (2015) bezieht sich auf mittlere Oberflächenwerte von Mai bis September. Da der Mittelwert der Messungen von Mai bis September 2016 an der äußeren Seekanal-Station $1,6 \mu\text{g l}^{-1}$ betrug, wurde insgesamt keine Zielwert-Überschreitung ermittelt.

Für den Wasserkörper WP-20 (offenes Küstenmeer) ist ein Abgleich des gemessenen Chlorophyll a-Gehalts mit dem entsprechenden Zielwert die korrekte Vorgehensweise, da sich der Wasserkörper bereits außerhalb des 1-Seemeilen-Bereichs befindet und damit nicht mehr unter die Vorgaben der WRRL-Bewertung fällt.

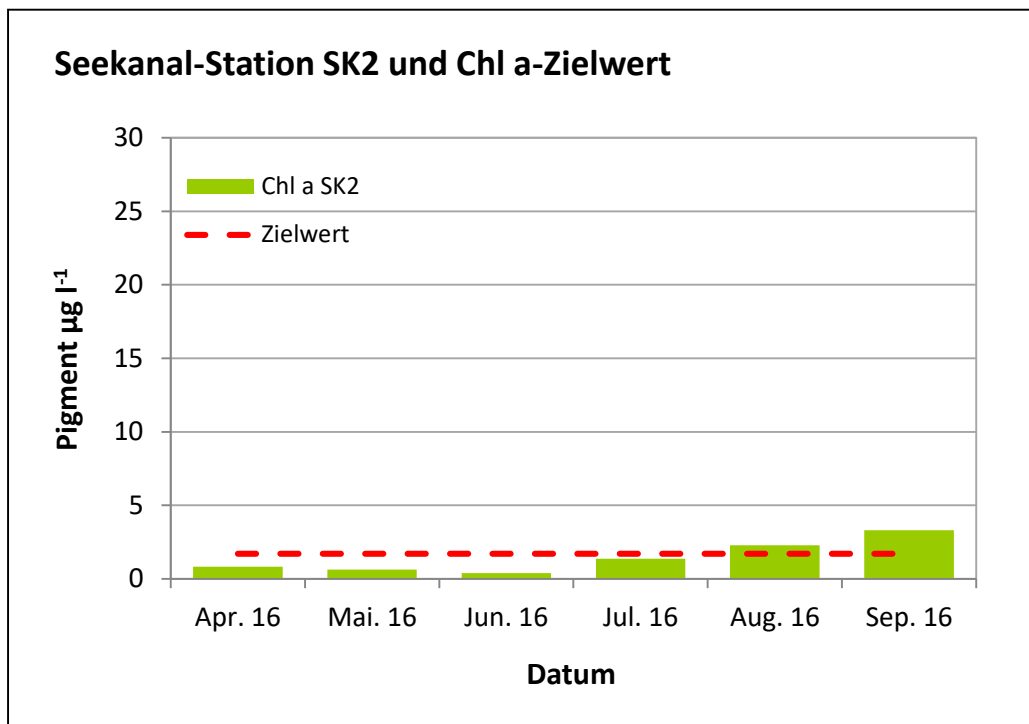


Abbildung 49: Chlorophyll a-Gehalt der Station SK2 mit Chl-a-Zielwert der Station O5 nach Schernewski et al. (2015).

Für die im Bereich der Unterwarnow liegenden Stationen (SK1, B2, B1 und UW) muss, wie bereits zu Beginn des Kapitels beschrieben wurde, eine andere Vorgehensweise verwendet werden. Die WRRL-Bewertung erfolgt in Mecklenburg-Vorpommern nicht auf Grundlage des Chlorophyll a-Gehalts allein, sondern wird nach der Methode von Sagert et al. (2008) vorgenommen. Danach wird ein Planktonindex (PPI_{CW} = Phytoplanktonindex für Küstengewässer – „coastal water“) ermittelt, der neben dem Chlorophyll a-Gehalt auch die Biomasse insgesamt sowie die Biomasse der Cyanophyceae (Blaualgen) und der Chlorophyceae (Grünalgen) als einzelne taxonomische Gruppen berücksichtigt (siehe dazu Kapitel 0).

6.2.3 Phytoplankton-Monitoringdaten des LUNG

Im Untersuchungsgebiet gibt es zwei offizielle Monitoring-Stationen des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) in Mecklenburg-Vorpommern, an denen regelmäßig Phytoplanktonproben genommen und ausgewertet werden. Das ist zum einen die Station Warnowwerft (UW4) auf Höhe des Werftstandortes südlich von Warnemünde in unmittelbarer Nähe der hier beprobten Station Seekanal SK1 (siehe Abbildung 47), und zum anderen die Station O5 im äußeren Küstengewässer etwas nördlich des Standortes Seekanal SK2. Für beide Stationen wurden die Phytoplanktondaten der Jahre 2011 bis 2015 vom LUNG zur Verfügung gestellt. Daten aus dem Jahr 2016 lagen noch nicht vor.

Die Ergebnisse dieser Erhebungen werden auf Basis der Abundanzen und des Biovolumens in den folgenden Kapiteln dargestellt und mit den im Rahmen der hier vorliegenden Untersuchung im Jahre 2016 erhobenen Daten verglichen.

6.2.3.1 Abundanzen

Die Abundanzen der Beprobungen des LUNG an der Station Warnowwerft (UW4) aus den Jahren 2011 bis 2015 während der Vegetationsperiode von April bis September sind auf Basis der unterschiedlichen Stämme bzw. Gruppen in Abbildung 50 bis Abbildung 54 dargestellt.

Für die taxonomische Zusammensetzung fällt auf, dass über den gesamten Zeitraum und die ganze Saison Cyanobacteria (Blaualgen) mit kleinen kugelförmigen Vertretern dominierten. Bei den eigenen Untersuchungen im Jahr 2016 kam diese Gruppe an der Station SK1 vor allem im Mai und Juni in großen Mengen vor. Dabei waren es auch hier kleine kokkale Arten, die vorherrschend waren. Stattdessen traten 2016 zu allen Zeiten die Chlorophyta mit der Art *Pseudoscourfieldia marina* häufig bis dominant auf (siehe Kapitel 3.4.4). Da vom LUNG aus 2016 noch keine Daten vorlagen, kann diesbezüglich kein Vergleich erfolgen.

Bei den Monitoringdaten des LUNG kamen vielfach zusätzlich kleine unbestimmte Flagellaten und ab 2013 vor allem in den Sommermonaten Cryptophyta zusätzlich in nennenswerten Mengen vor. Das deckt sich mit den eigenen Untersuchungen. Die höheren größeren Abundanzen der Ochrophyta im Mai 2012 (Abbildung 51), im April und August 2013 (Abbildung 52) sowie im Juli 2015 (Abbildung 54) wurden vor allem verursacht durch kleinere nicht näher bestimmte zentrale Diatomeen. Das steht im Einklang mit den eigenen Untersuchungen, als insbesondere im Juli die beiden kleinen Diatomeen *Cyclotella choctawhatcheeana* und eine *Chaetoceros*-Art größere Populationen bildeten (siehe Kapitel 3.4.4).

Die interannuelle Variabilität insbesondere bei den maximalen Abundanzen kann beträchtlich sein. Zusätzlich zu berücksichtigen ist dabei, dass u.U. während des Maximums gerade keine Probenahme stattfindet. Die höchste Abundanz innerhalb der vom LUNG erhobenen Daten wurde im Juni 2011 mit ca. 325 Mio. Zellen pro Liter erfasst. Die eigenen Untersuchungen ergaben ein Maximum im Mai 2016 mit

ca. 95 Mio. Zellen pro Liter. Im Schnitt über die Vegetationsperiode, insbesondere während der Sommermonate passen die eigenen Abundanzdaten mit denen des LUNG an den beiden nahe beieinanderliegenden Stationen aber gut überein.

Leider gibt es im Untersuchungsgebiet vom LUNG keine Phytoplanktondaten aus einem weiter südlich liegenden Bereich. Die eigenen Untersuchungen haben gezeigt, dass ab der Station SK1 der Einfluss des äußeren Küstenwassers in Form einer umfangreicheren Entwicklung der Cyanobacteria nachgewiesen werden konnte (siehe Kapitel 3.4.4). Weiter südlich dominierten andere taxonomische Gruppen. Die Daten des LUNG an der Station UW4 aus den letzten Jahren zeigen ebenfalls durch die Dominanz der Blaualgen deutlich den Einfluss des äußeren Küstenwassers an dieser Stelle an.

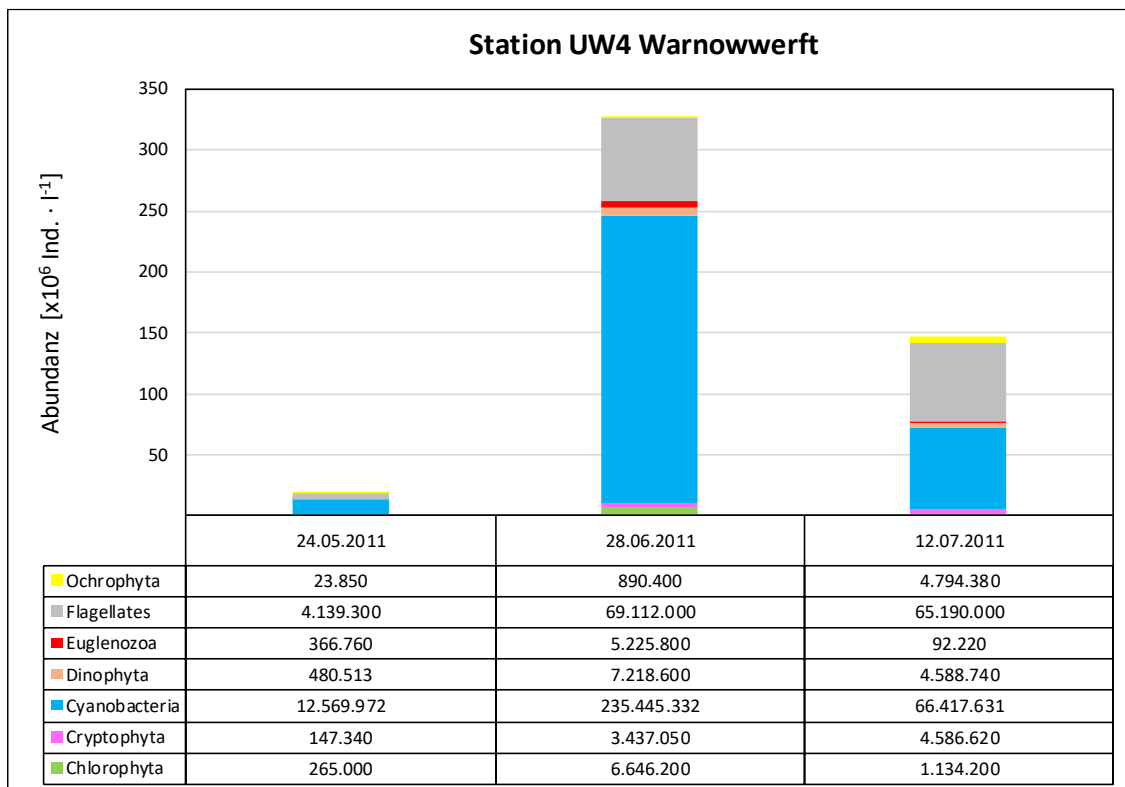


Abbildung 50: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2011 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.

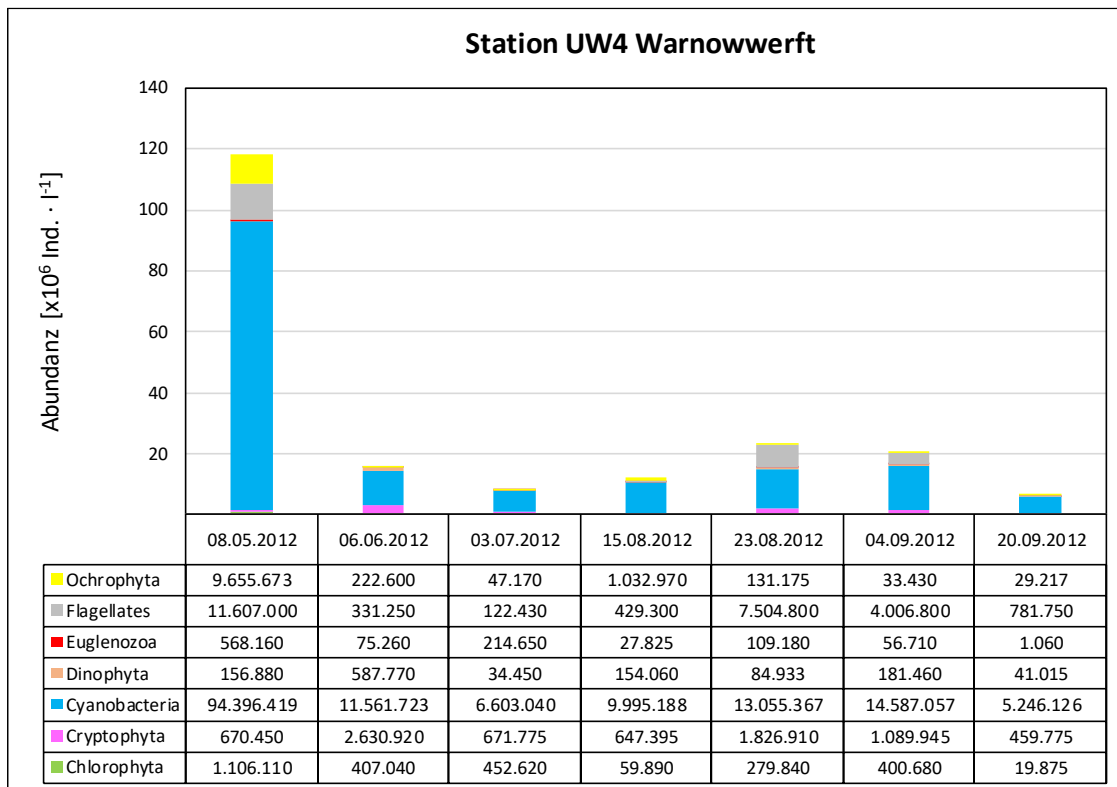


Abbildung 51: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2012 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.

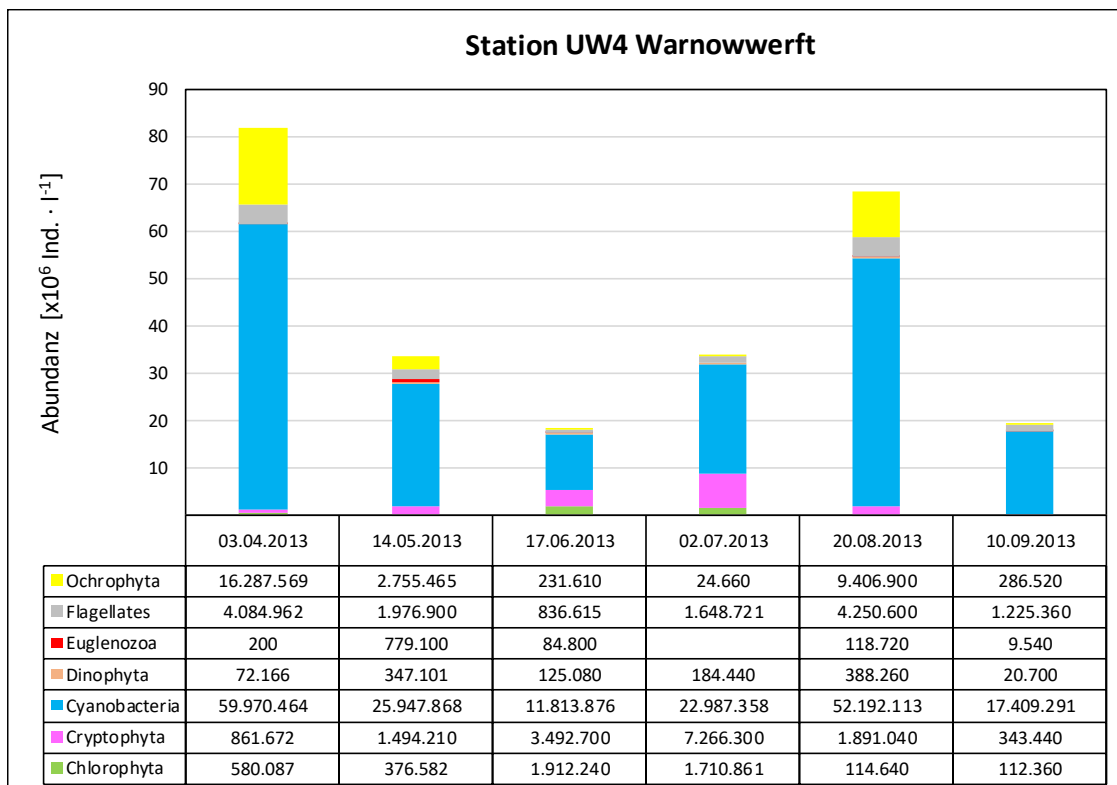


Abbildung 52: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2013 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.

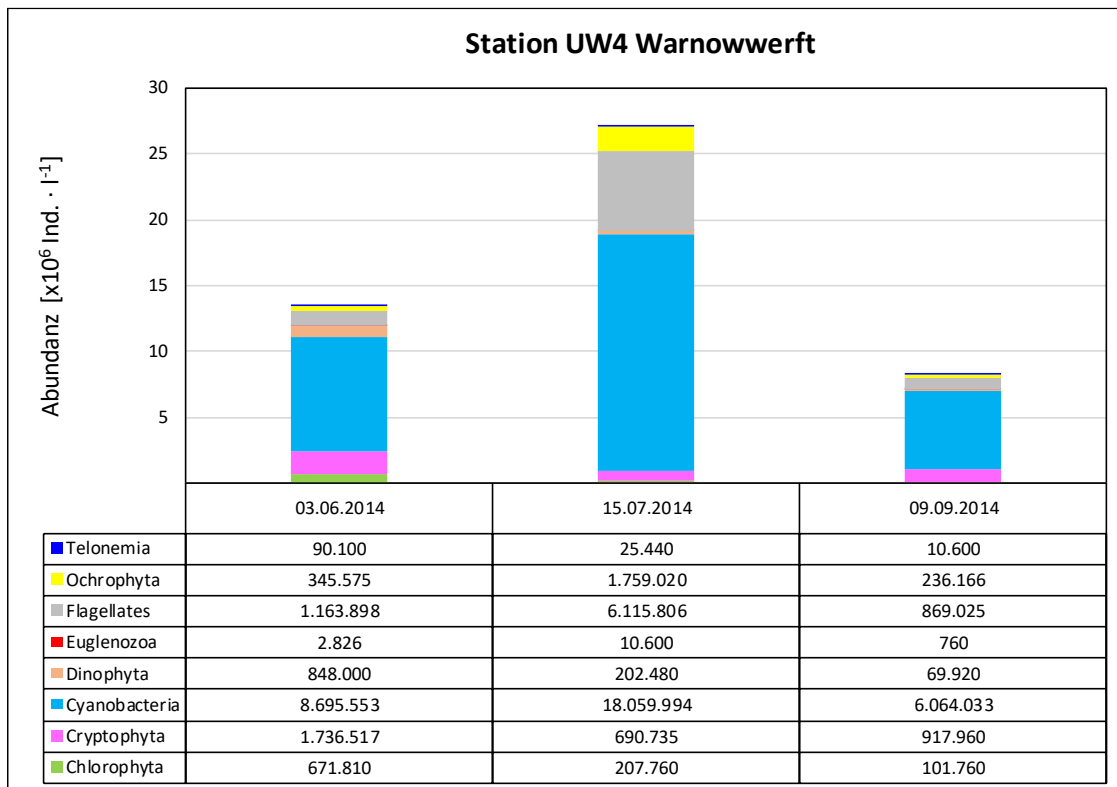


Abbildung 53: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2014 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.

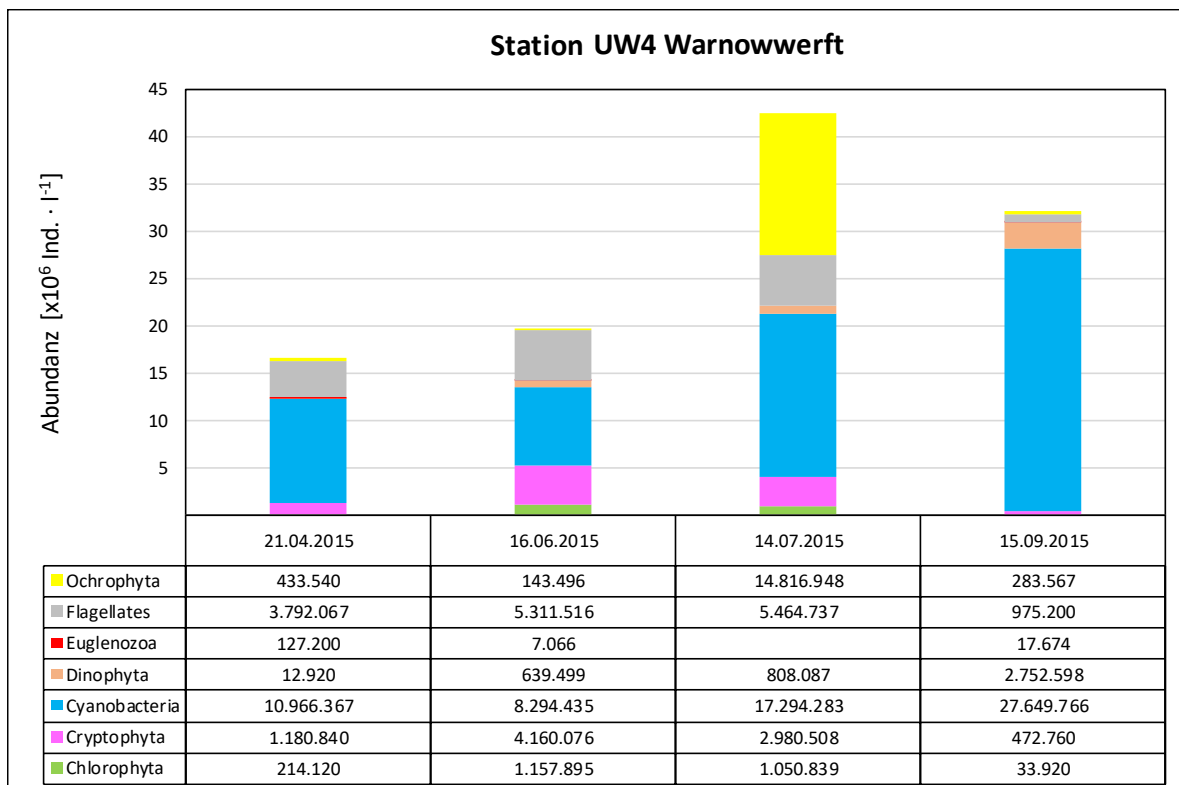


Abbildung 54: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2015 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.

Die Abundanzen der Beprobungen des LUNG an der Station O5 nördlich von Warnemünde aus den Jahren 2011 bis 2015 während der Vegetationsperiode von April bis September sind auf Basis der unterschiedlichen Stämme bzw. Gruppen in Abbildung 55 bis Abbildung 59 dargestellt.

Hier wird deutlich, dass diese Station über den gesamten Zeitraum während der Vegetationsperiode hinsichtlich der Abundanzen von Cyanobacteria (Blaualgen) dominiert wurde. Ab 2014 kamen kleinere Mengen an nicht näher bestimmten Flagellaten hinzu. Bei den eigenen Untersuchungen im Jahr 2016 traten Blaualgen an der Station Seekanal SK2, die nahe der Station O5 liegt, in größeren Mengen lediglich in den Monaten Mai bis Juli auf (siehe Kapitel 3.4.5). In den anderen Zeiträumen spielte diese Gruppe nur eine untergeordnete bis gar keine Rolle. Stattdessen dominierten vor allem die Chlorophyta mit der Art *Pseudosourfieldia marina*. Die vollständige Dominanz der Blaualgen in diesem Gebiet über die gesamte Vegetationsperiode, wie es die LUNG-Daten zeigen, konnte mit den eigenen Analysen aus 2016 nicht bestätigt werden. Da vom LUNG aus diesem Jahr noch keine Daten vorlagen, ist kein Abgleich möglich. Dennoch sind Jahre mit einer unterschiedlichen Entwicklung der Gesellschaften nichts Ungewöhnliches.

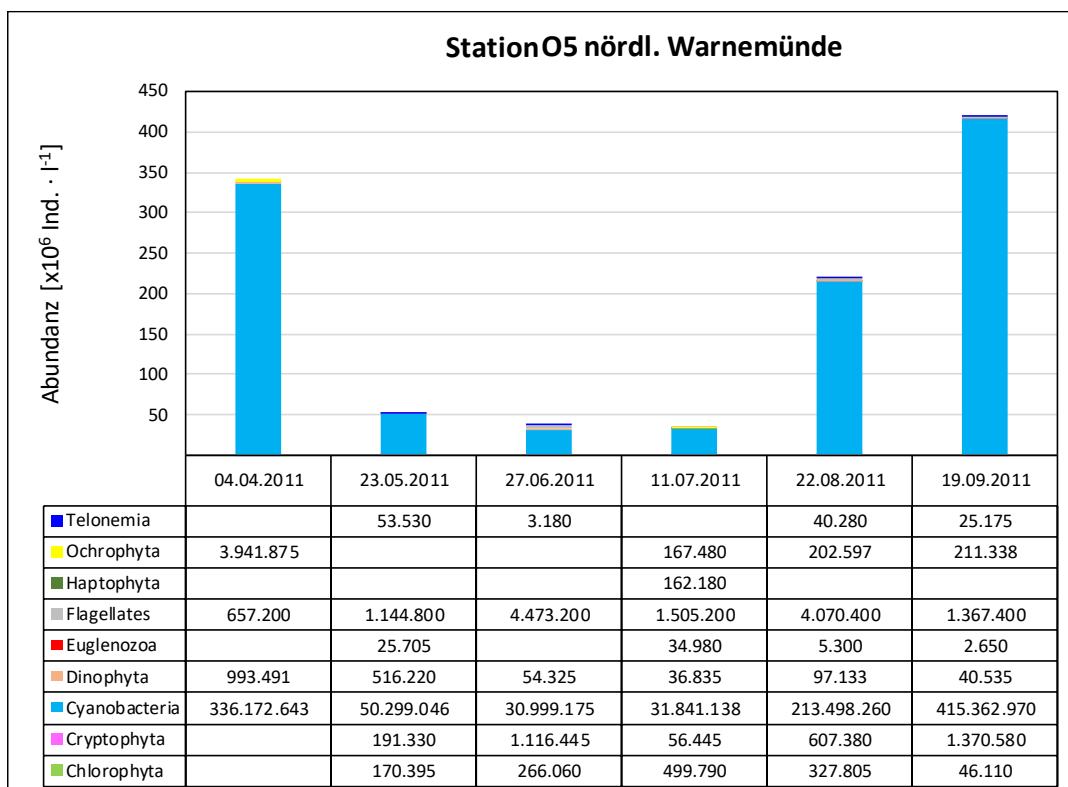


Abbildung 55: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2011 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.

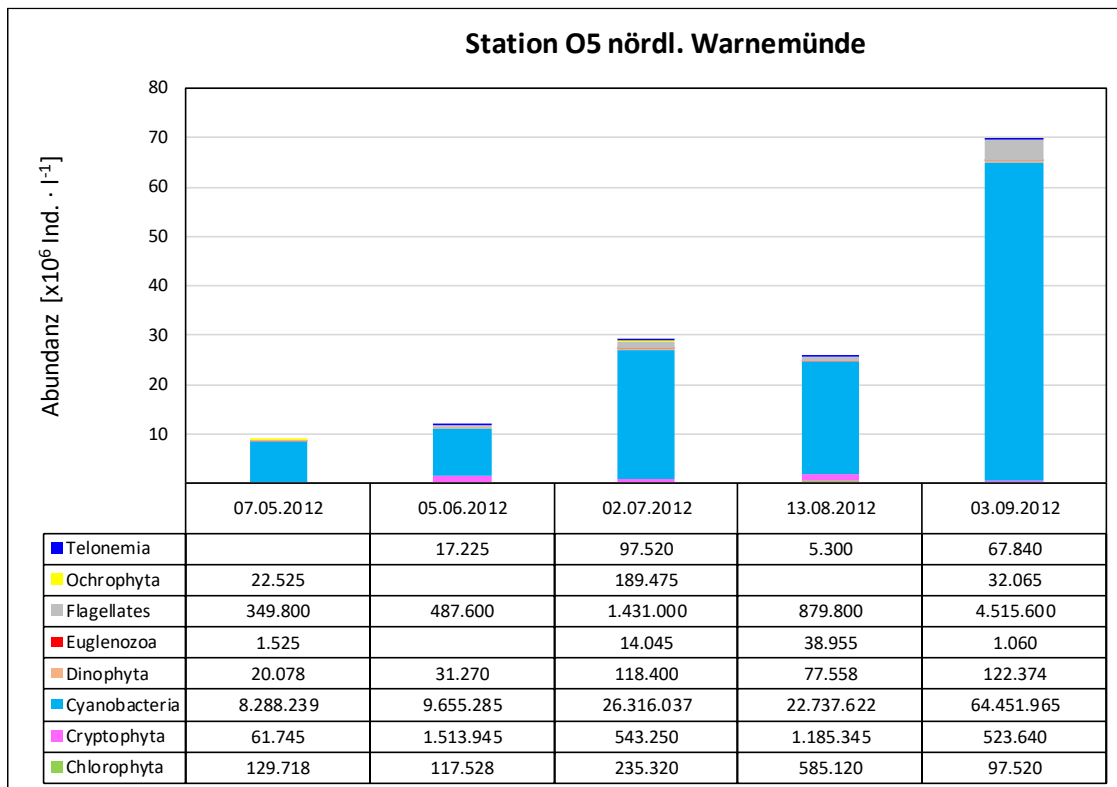


Abbildung 56: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2012 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.

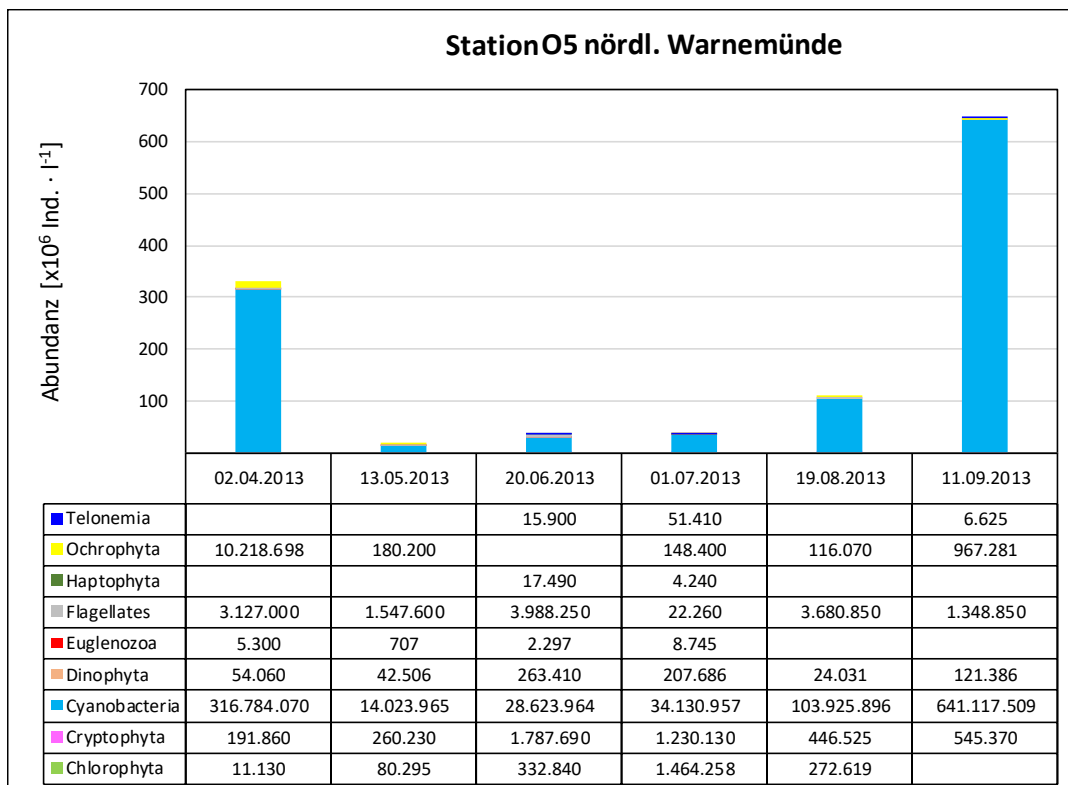


Abbildung 57: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2013 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.

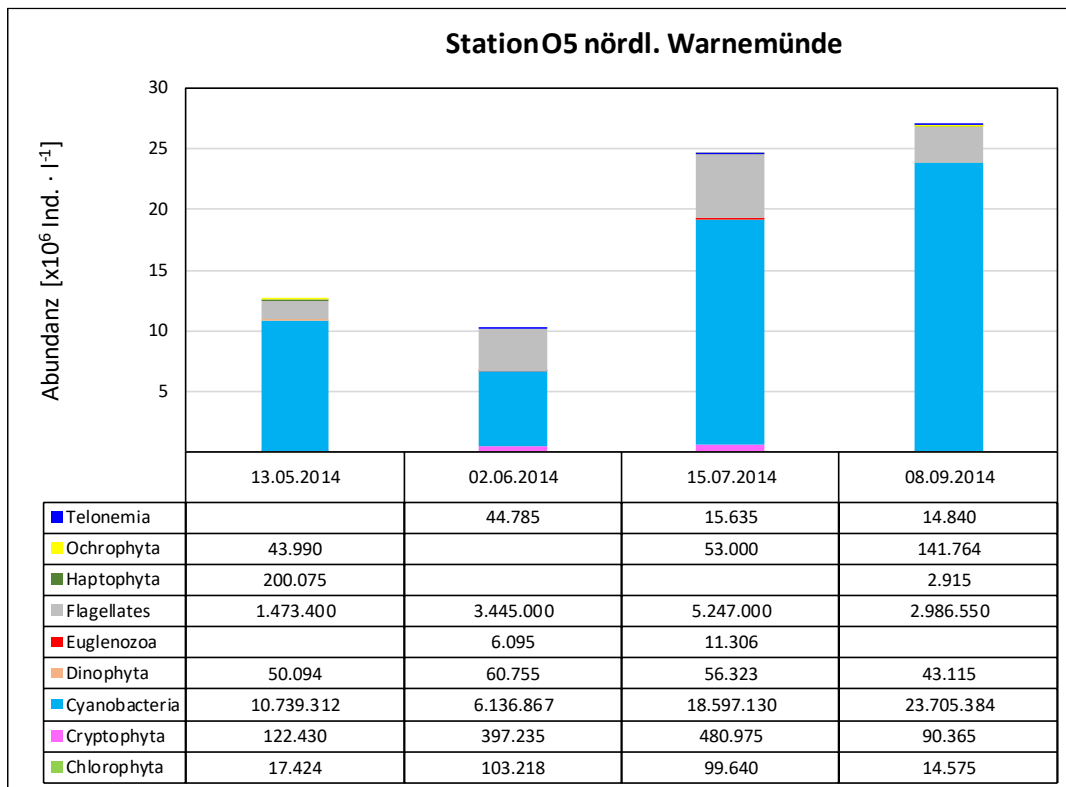


Abbildung 58: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2014 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.

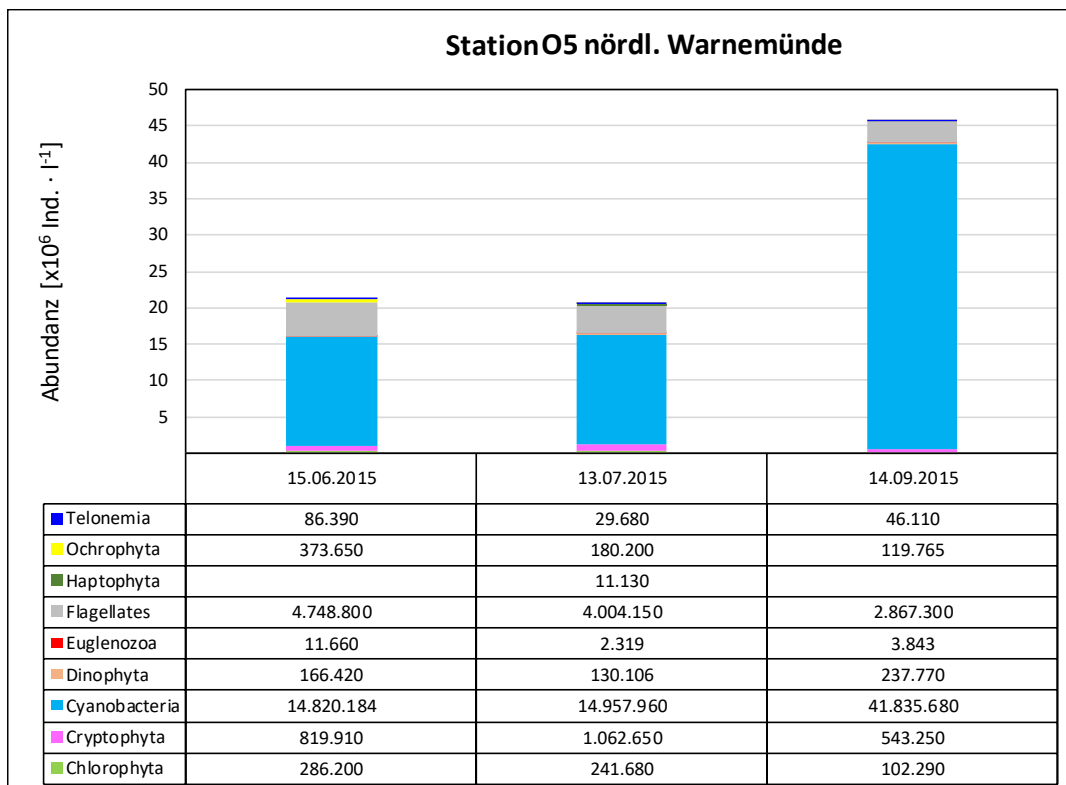


Abbildung 59: Abundanzen in Individuen pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2015 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.

An der Station O5 wurden enorm hohe Individuendichten jeweils im September der Jahre 2011 mit über 400 Mio. Zellen pro Liter und 2013 sogar mit über 650 Mio. Zellen pro Liter gefunden. Auch dort rekrutierten sich diese hohen Werte überwiegend durch sehr kleine kokkale Blaualgen. Bei den eigenen Untersuchungen im Jahr 2016 war das Maximum in diesem Bereich bei ca. 150 Mio. Zellen pro Liter im Mai zu finden. Ansonsten lagen die Größenordnungen im Schnitt wie auch bei den LUNG-Beprobungen in den letzten Jahren.

6.2.3.2 Biovolumen

Wie bei den eigenen Untersuchungen wird bei Betrachtung der Biomasse (hier als Biovolumen) auch bei den LUNG-Daten deutlich, dass die im vorherigen Kapitel beschriebenen teils enorm hohen Abundanzen der winzigen Blaualgen für diese Messgröße kaum eine Rolle spielen. Die Biovolumina der Beprobungen des LUNG an der Station Warnowwerft (UW4) aus den Jahren 2011 bis 2015 während der Vegetationsperiode von April bis September sind auf Basis der unterschiedlichen Stämme bzw. Gruppen in Abbildung 60 bis Abbildung 64 dargestellt.

Bei den LUNG-Beprobungen der vergangenen Jahre bildeten Cryptophyta und teilweise Euglenozoa, insbesondere aber Dinophyta und Diatomeen aus der Gruppe der Ochrophyta zu bestimmten Zeiten signifikante Biovolumina. Die hohen Werte der Dinophyta beispielsweise im Juni 2011 (Abbildung 60), im Juni 2014 (Abbildung 63) und im September 2015 (Abbildung 64) wurden hervorgerufen durch die relativ großen Zellen der Art *Heterocapsa triquetra*. Dies steht in völligem Einklang mit den eigenen Untersuchungen, bei der diese Art im Gebiet und an der Station SK1 insbesondere im September 2016 in größeren Mengen und damit hohem Biovolumen gefunden wurde.

Die hohen Biovolumina der Diatomeen während des LUNG-Monitorings im Mai 2012 (Abbildung 61), im April 2013 (Abbildung 62) und im Juli 2014 (Abbildung 63) und 2015 (Abbildung 64) wurden überwiegend von nicht näher bestimmten zentrischen Formen bzw. einer *Stephanodiscus*-Art gebildet. Das deckt sich mit den eigenen Untersuchungen in 2016, bei denen die zentrischen Arten *Cyclotella choctawhatcheana* und *Stephanodiscus rotula* biomassebildend gefunden wurden (siehe Kapitel 3.5.4). Im August 2013 (Abbildung 62) und im Juli 2014 (Abbildung 63) bildete zusätzlich *Dactyliosolen fragilissimus* einen großen Anteil.

Die Gesamtwerte des Biovolumens zu den entsprechenden Beprobungszeitpunkten während des LUNG-Monitorings passen von der Größenordnung recht gut zu den eigenen Analysen aus dem Jahr 2016, obwohl die Verfahren zur Abschätzung dieser Messgröße unterschiedlich waren. 2016 schwankten die Werte während der Vegetationsperiode zwischen unter 1 bis über $5 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$ (siehe Kapitel 3.5.4). In den Jahren zuvor wurden vom LUNG Werte zwischen ca. 0,5 und $6 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$ mit einem Extremwert von knapp $14 \cdot 10^9 \mu\text{m}^3/\text{l}$ im Jahr 2011 bestimmt.

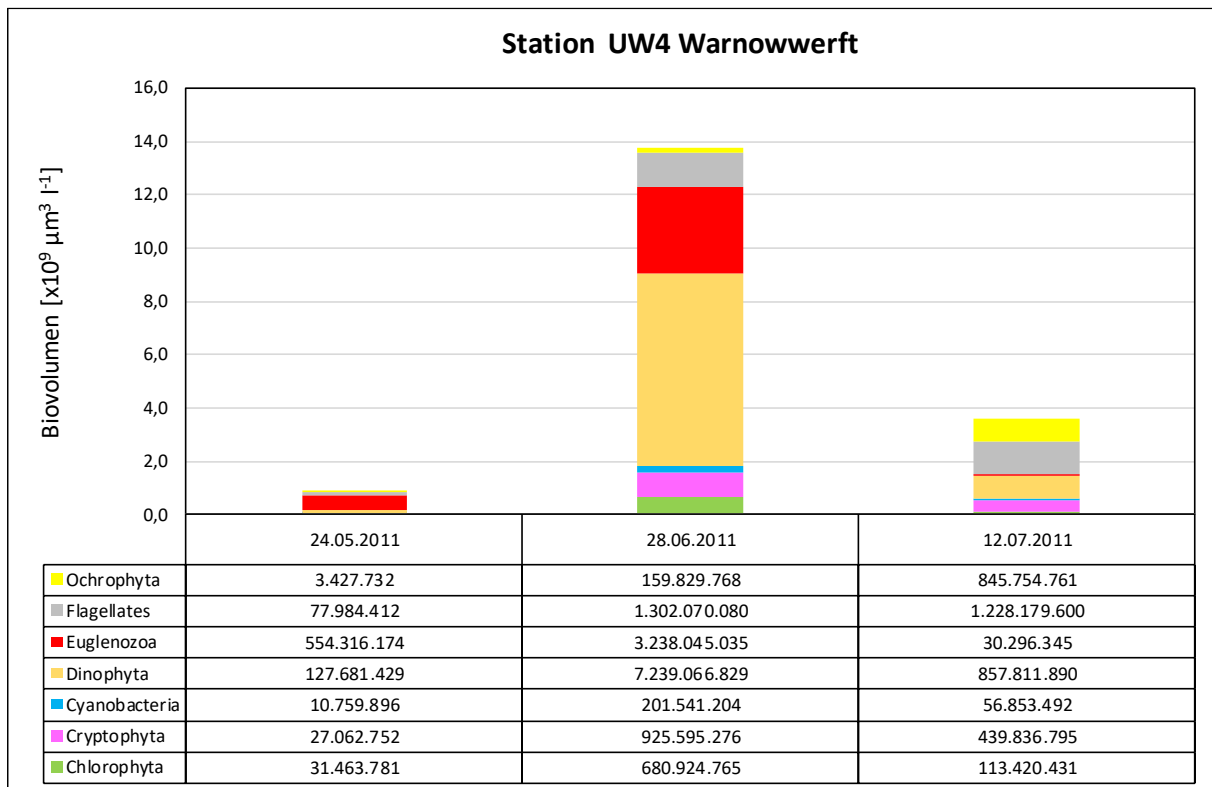


Abbildung 60: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2011 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.

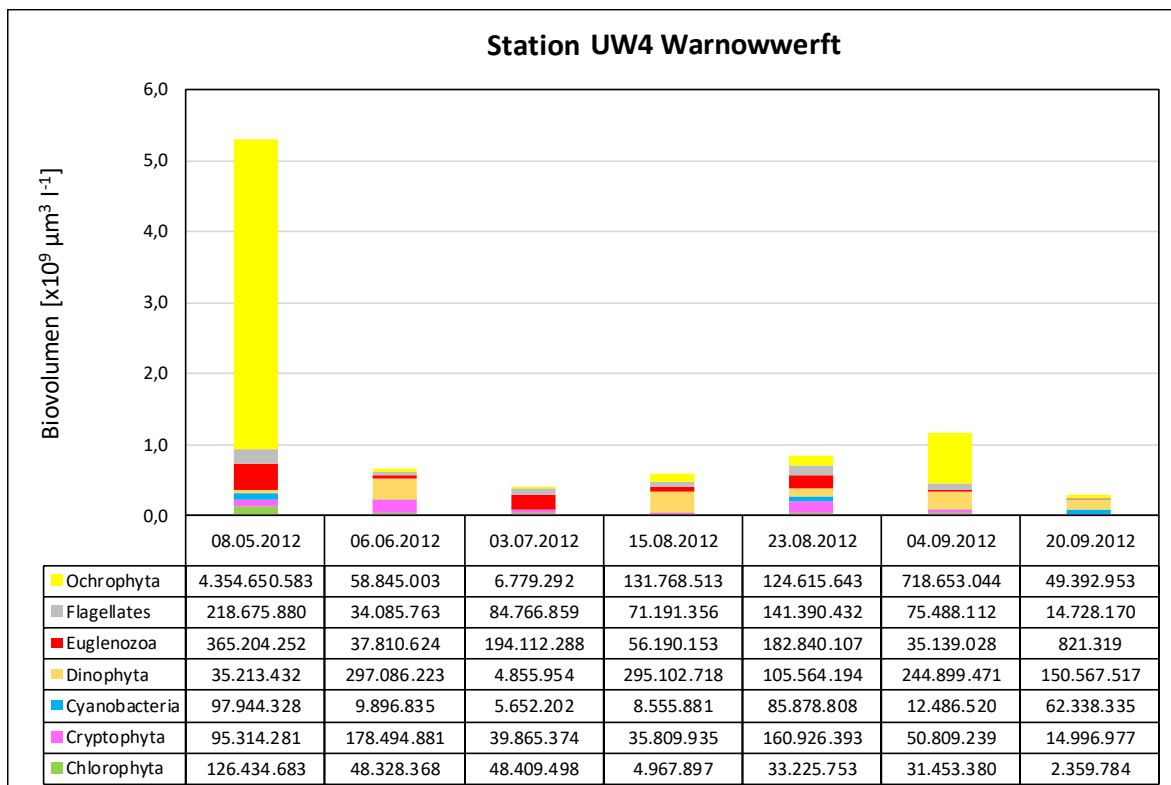


Abbildung 61: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2012 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.

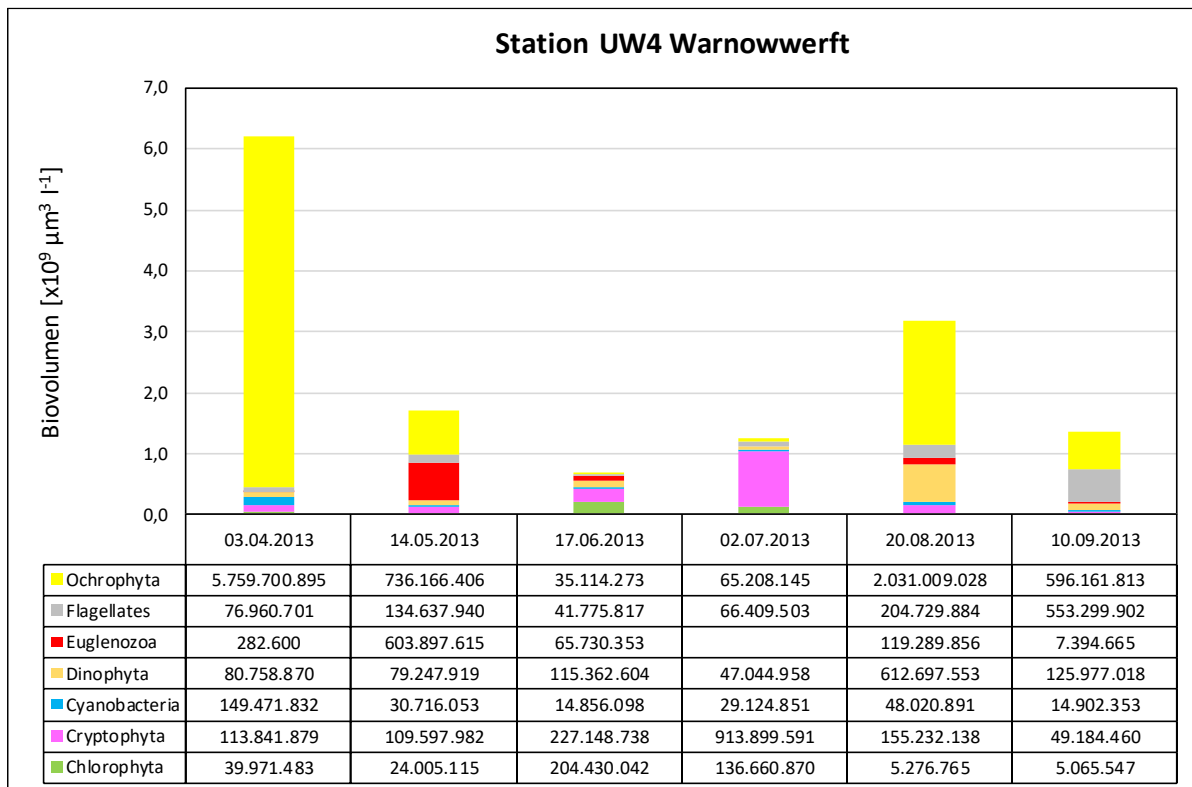


Abbildung 62: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2013 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.

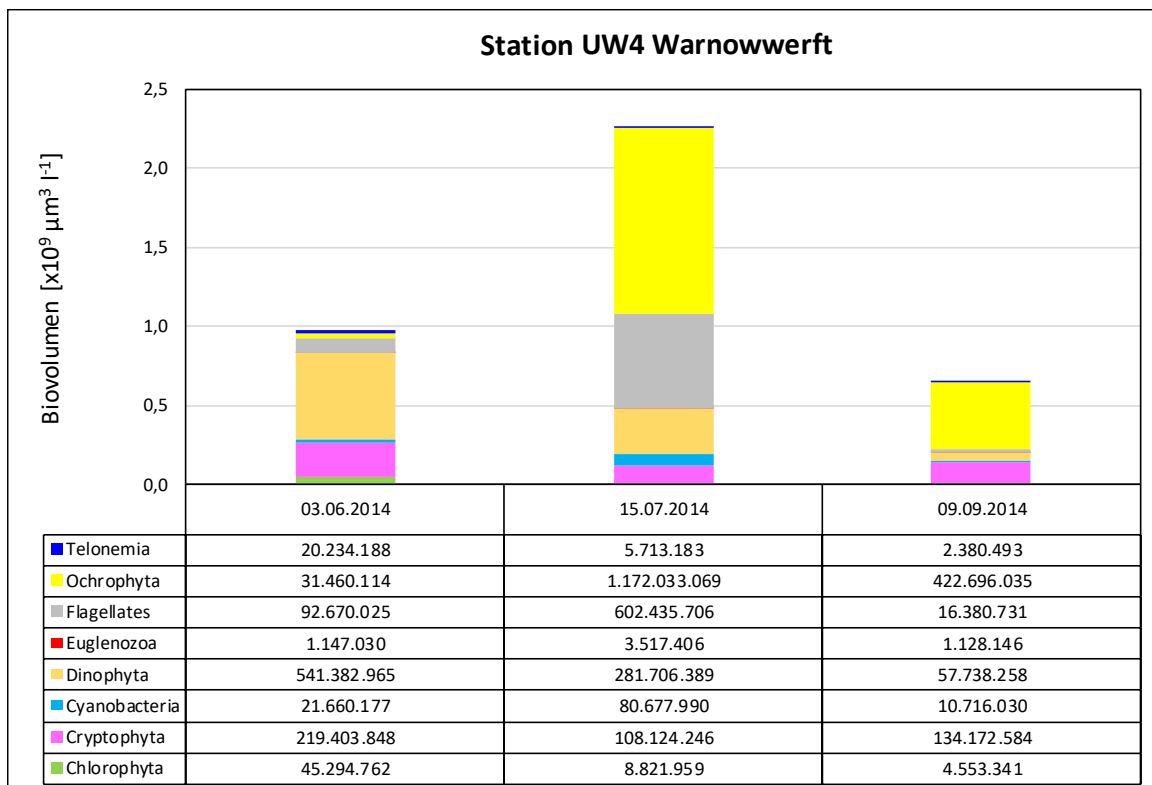


Abbildung 63: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2014 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.

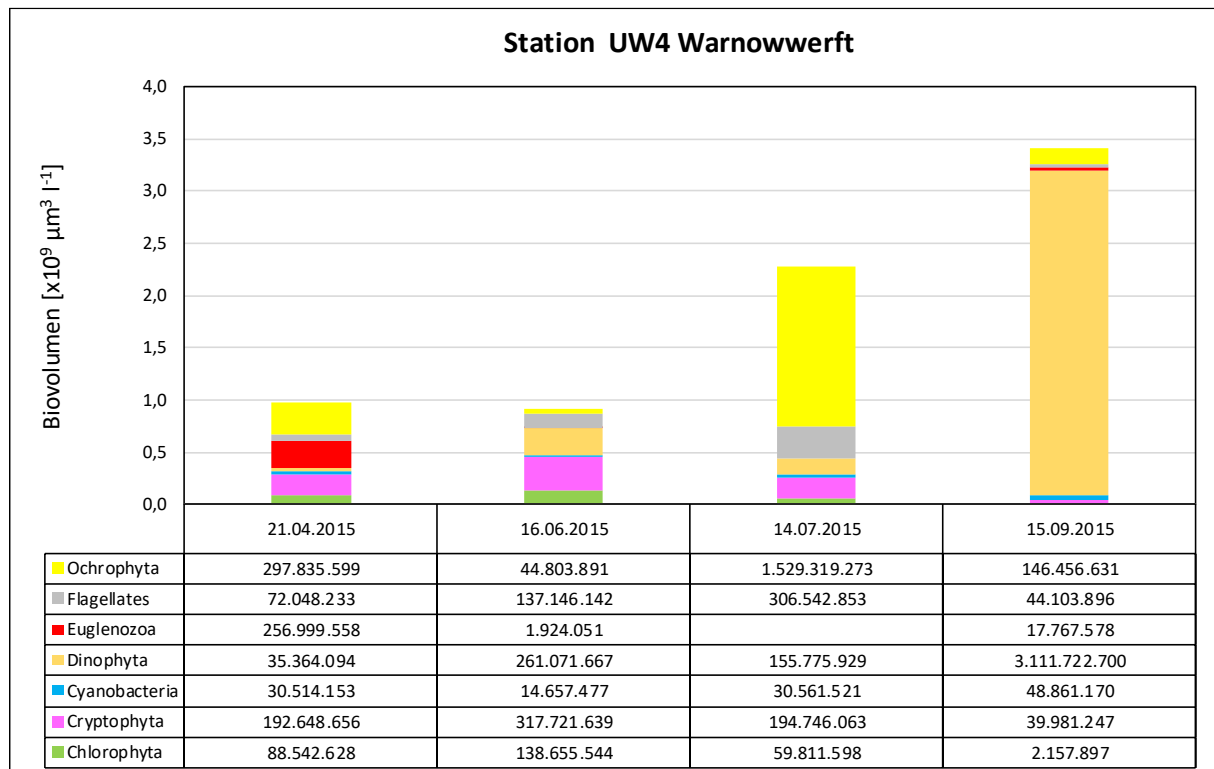


Abbildung 64: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2015 an der Station Warnowwerft (UW4). Datenquelle LUNG.

Die Biovolumina der Beprobungen des LUNG an der Station O5 nördlich von Warnemünde aus den Jahren 2011 bis 2015 während der Vegetationsperiode von April bis September sind auf Basis der unterschiedlichen Stämme bzw. Gruppen in Abbildung 65 bis Abbildung 69 dargestellt. Auch in diesem Gebiet spielten die von der Individuenzahl her dominierenden Blaualgen (siehe Kapitel 6.2.3.1) für das Biovolumen fast keine Rolle.

Stattdessen bildeten zu bestimmten Zeitpunkten Dinoflagellaten und Diatomeen größere Biomassen. 2011 war es im April eine *Gymnodinium*-Art aus der Gruppe der Dinophyta sowie die Diatomeen *Dactyliosolen fragilissimus* und *Pseudosolenia calcar-avis* im September, die dominierten (Abbildung 65). 2013 beispielsweise wurde das Biovolumen im April von der kleinen Diatomee *Skeletonema costatum* mit höheren Abundanzen und im August und September wiederum von *Dactyliosolen fragilissimus* sowie im September zusätzlich vom Dinoflagellaten *Tripes muelleri* beherrscht (Abbildung 67). Die gleichen oder ähnliche größere Arten aus den beiden Gruppen wurden auch bei den eigenen Beprobungen in diesem Gebiet an der Station SK2 im Jahr 2016 gefunden (siehe Kapitel 3.5.5).

Die Größenordnung des Gesamtbiovolumens war bei den LUNG-Beprobungen in den vergangenen Jahren in diesem Gebiet ebenfalls vergleichbar mit den eigenen Messungen im Jahr 2016.

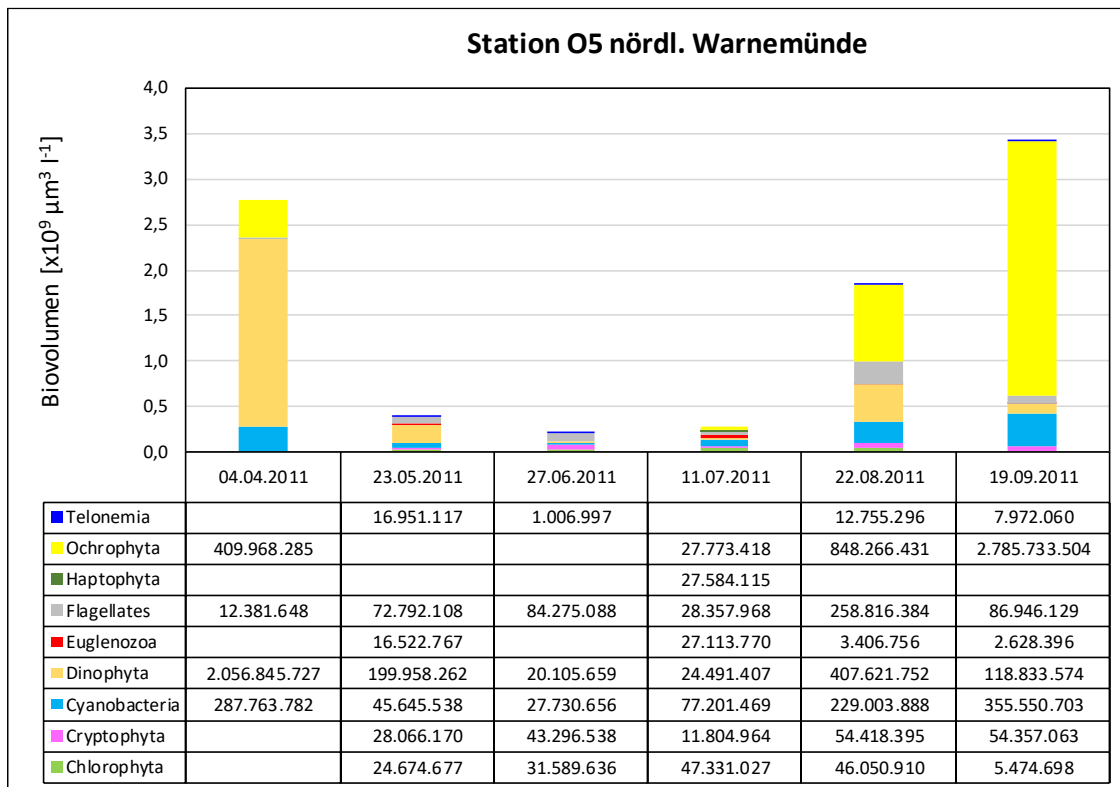


Abbildung 65: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2011 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.

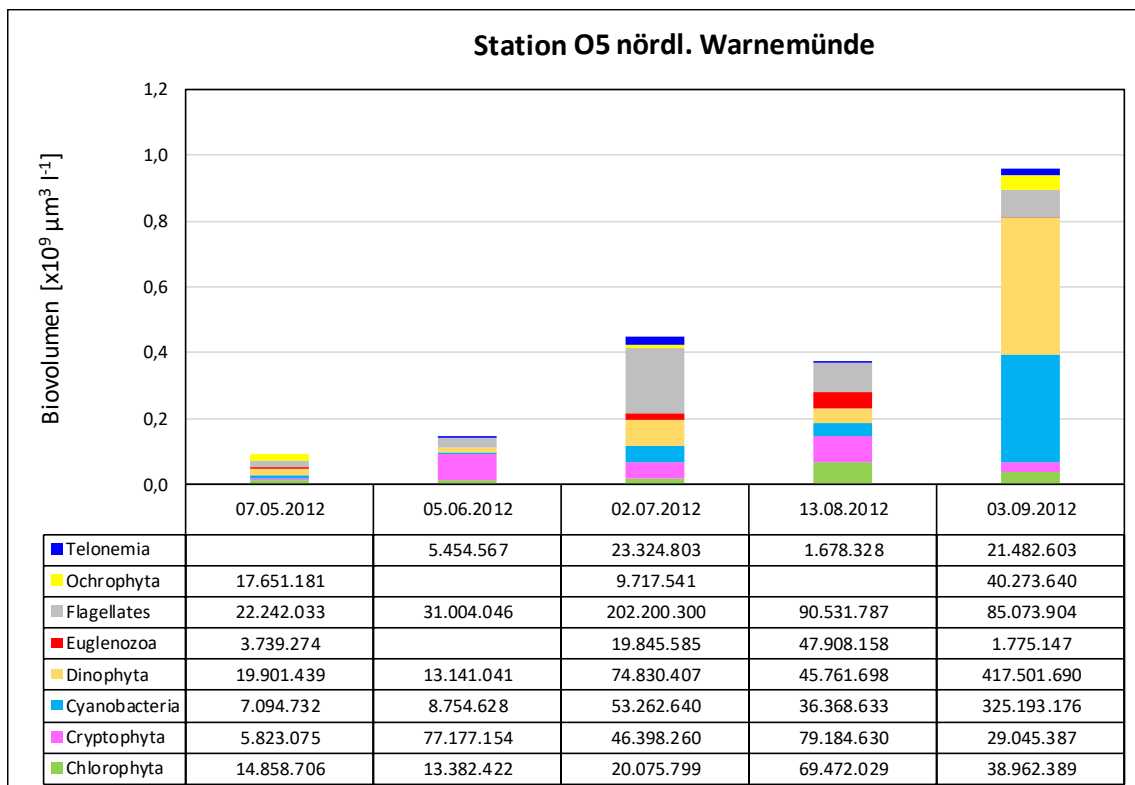


Abbildung 66: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2012 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.

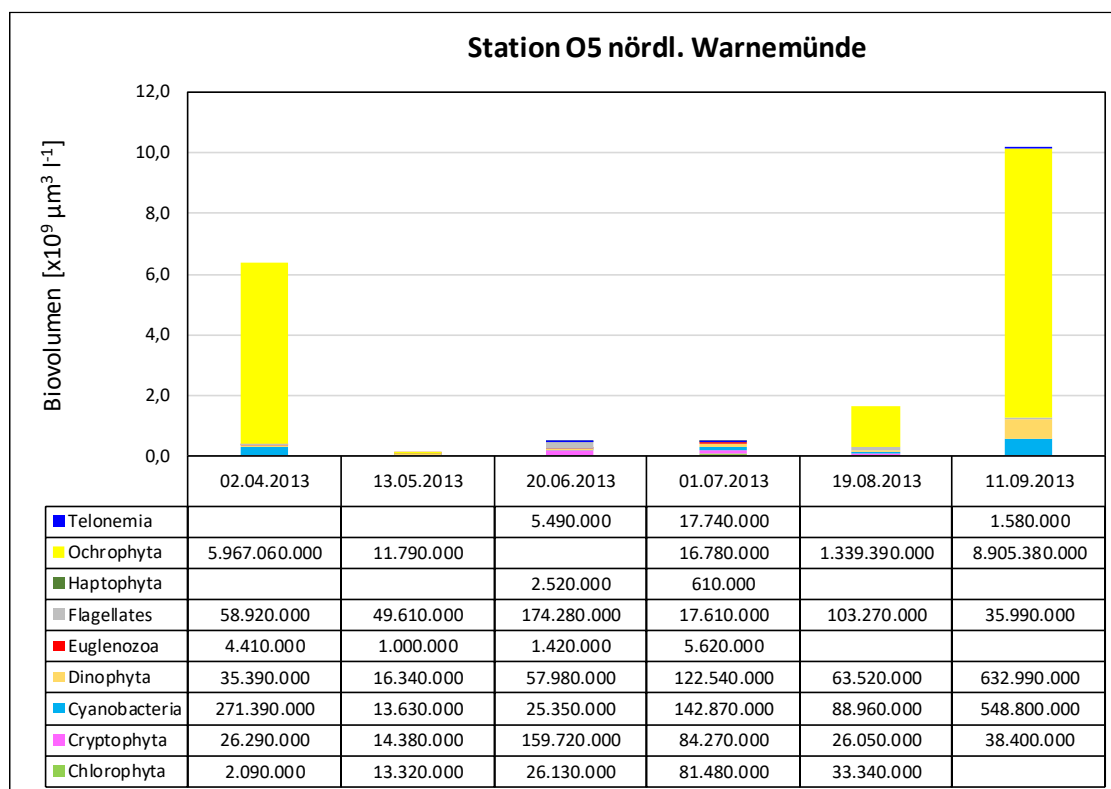


Abbildung 67: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2013 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.

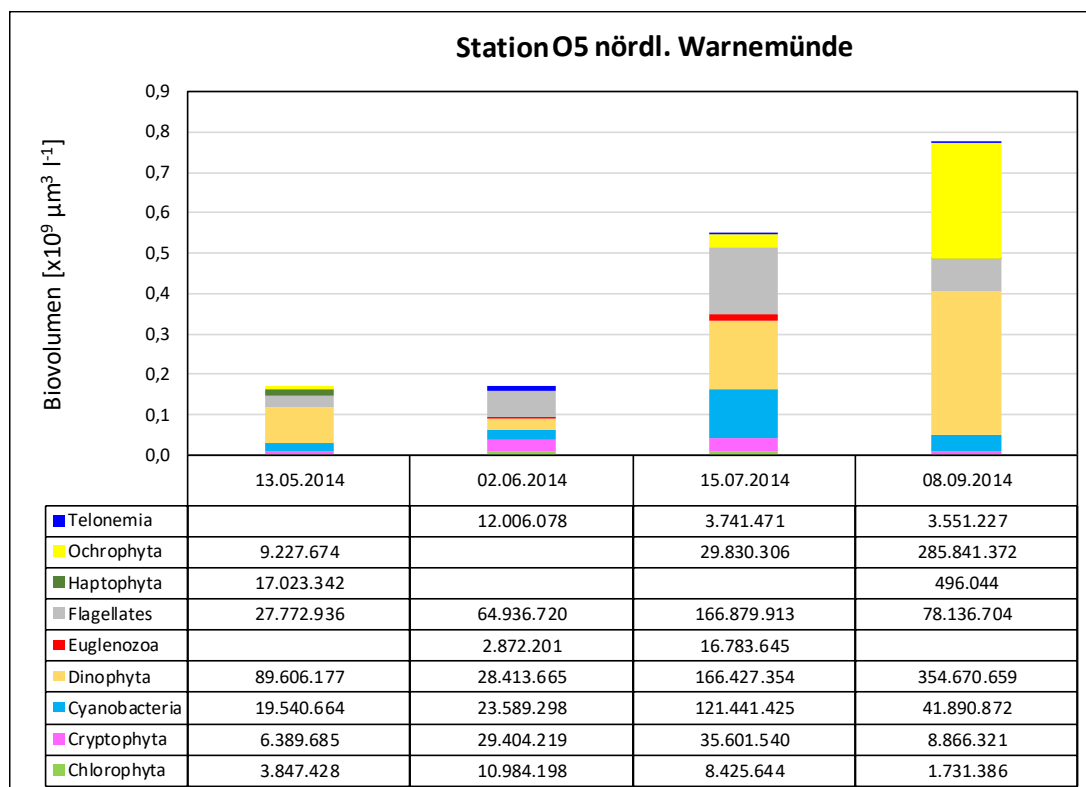


Abbildung 68: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2014 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.

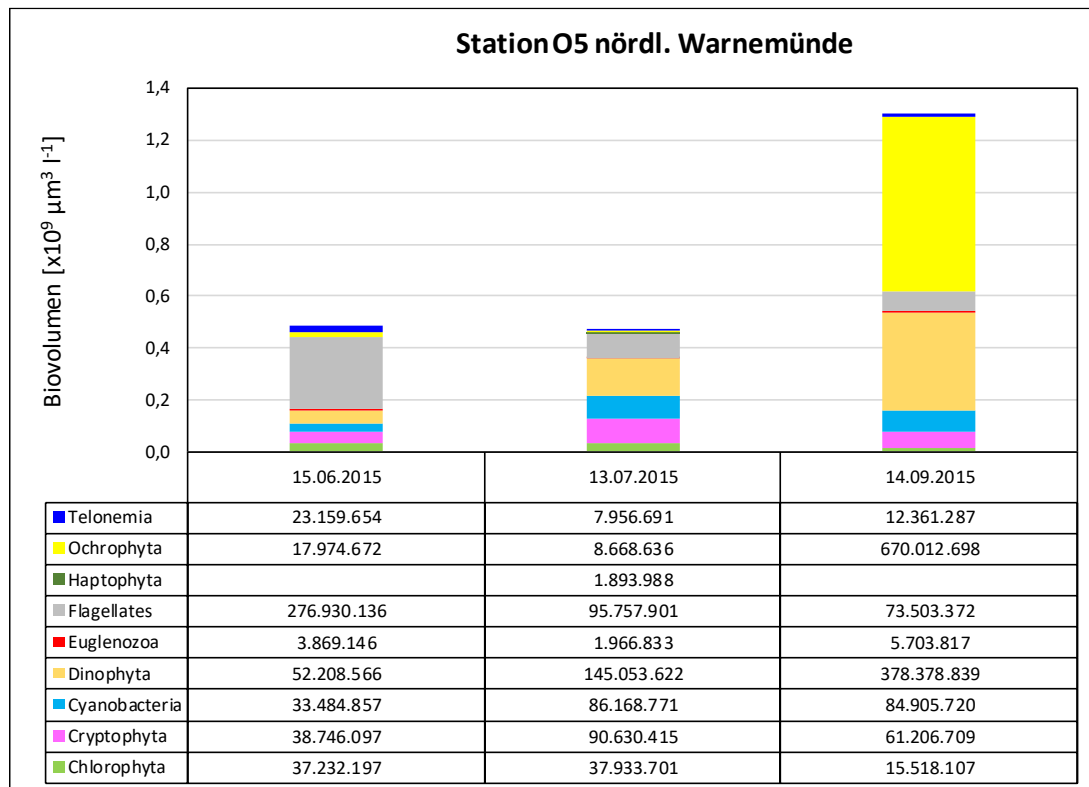


Abbildung 69: Biovolumen in μm^3 pro Liter der verschiedenen Stämme bzw. Gruppen der Phytoplankton-Lebensgemeinschaften während der Beprobungen des LUNG im Jahr 2015 an der Station nördlich Warnemünde (O5). Datenquelle LUNG.

6.2.4 Bewertung gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie

Zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie wurde für die Qualitätskomponente Phytoplankton ein Bewertungssystem für die inneren und äußeren Küstengewässer der Ostsee in Abhängigkeit vom Salzgehalt entwickelt (Sagert et al. 2008), das auf vier verschiedenen Kenngrößen dieser Lebensgemeinschaft beruht, die für die Gesamtbewertung unterschiedlich gewichtet werden. Neben dem Chlorophyll-a Gehalt, dem der Gewichtungsfaktor (GF) 4 zugewiesen ist, werden das Gesamtbiovolumen (GF 2) sowie das Biovolumen der beiden taxonomischen Gruppen Cyanobacteria (GF 1) und Chlorophyceae (GF 0,5) berücksichtigt. Dabei wird zunächst für jede Kenngröße der EQR-Wert (Ecological Quality Ratio) als Verhältnis zwischen Referenzwert und aktuellem Messwert ermittelt und anschließend auf fünf äquidistante Qualitätsklassen normiert. Die eingehenden aktuellen Messwerte sind gemittelte Werte aus Einzelmessungen über die Vegetationsperiode eines Jahres. Nach der gewichteten Zusammenfassung der normierten EQR-Werte resultiert der Phytoplanktonindex für Küstengewässer (PPI_{CW}). Für die offizielle Klassifizierung der Gewässer wird über einen Bewertungszeitraum von sechs Jahren gemittelt.

Die Bewertungen der im Jahr 2016 zwischen April und September beprobten Stationen auf Basis dieses Systems sind in Tabelle 12 zu finden. Die vier geschützt im

Inneren liegenden Stationen gehören zum Gewässertyp B2a (β -mesohaline innere Küstengewässer). Als Gesamtbewertung für den PPI_{CW} ergab sich zweimal die Klasse mäßig (3) für die Stationen Breitling B1 und Seekanal SK1 sowie zweimal die Klasse unbefriedigend (4) für die Stationen Unterwarnow und Breitling B2. Die jeweils gleiche Klassifizierung wurde für die Einzelkenngröße Chlorophyll-a erreicht. Das Gesamtbiovolumen lag immer eine Klasse schlechter bei unbefriedigend (4) bzw. schlecht (5). Blaualgen (Cyanobacteria) kamen an allen Stationen unterhalb des für diesen Typ geltenden Referenzwertes vor, so dass ein normierter EQR-Wert von 1 resultierte. Die Chlorophyceae (Grünalgen) wurden mit mäßig (3) und an der Station Seekanal SK1 mit gut (2) bewertet.

Tabelle 12: Bewertungsergebnisse und Berechnung des Phytoplanktonindex für Küstengewässer (PPI_{CW}) der Beprobungen aus dem Jahr 2016 gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie nach Sagert et al. 2008. Angegeben sind die Mittelwerte von April bis September. Die Dimensionen der Messgrößen gelten für die weißen Felder. Die daraus berechneten EQR-Werte in den farbigen Feldern sind dimensionslos. Die Farben entsprechen der gängigen Kennzeichnung der Klassifizierung: ■ - sehr gut, ■ - gut, ■ - mäßig, ■ - unbefriedigend, ■ - schlecht.

	Chlorophyll a [$\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$]	Biovolumen gesamt [$\text{mm}^3\cdot\text{l}^{-1}$]	Biovolumen Cyanobacteria [$\text{mm}^3\cdot\text{l}^{-1}$]	Biovolumen Chlorophyceae [$\text{mm}^3\cdot\text{l}^{-1}$]	PPI_{CW}
Typ B2a					
Referenzwert	1,60	0,480	0,140	0,009	
Unterwarnow (UW)	11,88	20,647	0,074	0,022	
EQR	0,135	0,023	1,902	0,413	
EQR _{norm.}	0,242	0,039	1,000	0,475	0,304
Breitling (B1)	2,58	1,805	0,010	0,016	
EQR	0,620	0,266	14,113	0,560	
EQR _{norm.}	0,566	0,281	1,000	0,573	0,548
Breitling (B2)	5,34	6,488	0,033	0,024	
EQR	0,300	0,074	4,242	0,371	
EQR _{norm.}	0,348	0,123	1,000	0,448	0,382
Seekanal (SK1)	3,63	2,756	0,046	0,012	
EQR	0,441	0,174	3,030	0,780	
EQR _{norm.}	0,442	0,230	1,000	0,720	0,478
Bewertung nach Typ B3b					
Referenzwert	1,30	0,400	0,110	0,007	
Seekanal (SK2)	2,15	2,936	0,194	0,012	
EQR	0,605	0,136	0,568	0,602	
EQR _{norm.}	0,552	0,204	0,539	0,576	0,459

Die Station Seekanal SK2 (nahe der LUNG Station O5) befindet sich bereits außerhalb des 1-Seemeilengebiets und wird dem Küstenwasserkörper WP-20 ohne Typbezeichnung zugeordnet. Da sie aber noch relativ küstennah liegt, wurde hier zu Vergleichszwecken die Bewertung für Typ B3b (α -mesohaline äußere Küstengewässer) vorgenommen. Die Station Seekanal SK2 erhielt danach die Klassifizierung mäßig (3), wobei drei der vier Kenngrößen ebenfalls in diese Klasse fielen, lediglich das Gesamtbiovolumen war mit unbefriedigend (4) schlechter.

Hinsichtlich der Qualitätskomponente Phytoplankton deckt sich damit die hier aus den Beprobungen über die Vegetationsperiode eines Jahres (2016) erstellte Klassifizierung mit der aktuellen offiziellen Bewertung des LUNG aus dem Jahr 2015, die über den letzten Bewirtschaftungszeitraum von 6 Jahren ermittelt wurde (Abbildung 70). Die Unterwarnow wird dort als unbefriedigend eingestuft. Zwei der in diesem Bereich liegenden Stationen in der eigenen Untersuchung ergaben ebenfalls diese Klassifizierung. Die beiden anderen lagen mit mäßig etwas besser. Nach dem für die WRRL allgemein angewendeten „one-out-all-out“ Prinzip bestimmt die schlechteste Bewertung den Gesamtzustand. Wendet man dies auch regional an, so würde sich für den Bereich der Unterwarnow mit den Untersuchungen im Jahre 2016 ebenfalls der Zustand unbefriedigend für die Qualitätskomponente Phytoplankton ergeben.

Die offizielle Bewertung des äußeren Küstenwasserkörpers für das Phytoplankton mit mäßig stimmt ebenfalls mit der für 2016 ermittelten Klassifizierung an der Station Seekanal SK2 überein.

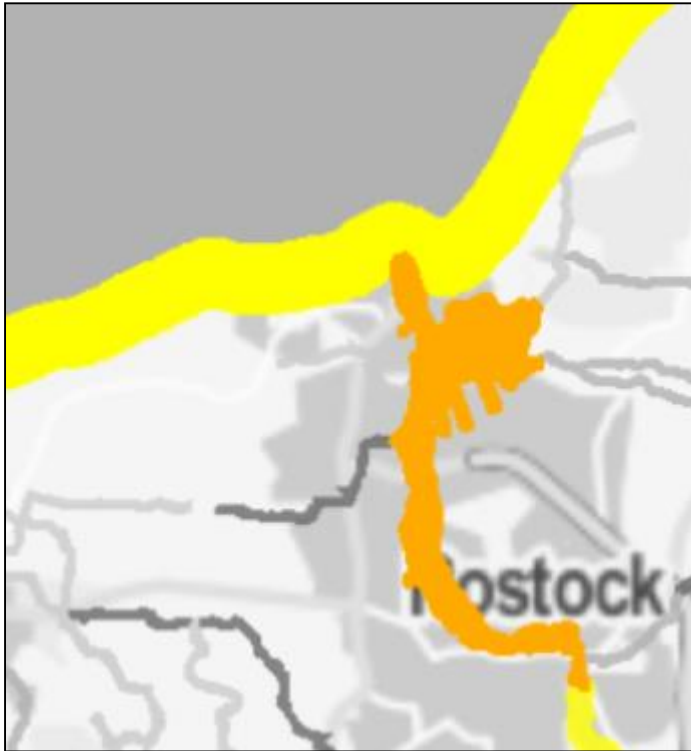


Abbildung 70: Vergrößerter Ausschnitt des hier relevanten Untersuchungsgebietes aus der aktuellen Bewertungskarte des LUNG für die Qualitätskomponente Phytoplankton der Oberflächengewässer in der Flussgebietseinheit Warnow/Peene (Karte 4.2.1 aus LUNG 2015). ■ - mäßig, ■ - unbefriedigend.

6.2.5 Fazit

Da vom LUNG keine Phytoplanktondaten aus dem Jahr 2016 aus dem Untersuchungsgebiet vorlagen, konnte kein direkter Abgleich innerhalb derselben Saison vorgenommen werden. Grundsätzlich ließen sich aber die eigenen Daten, die in monatlichen Beprobungen zwischen April und September erhoben wurden, bezüglich Artenzusammensetzung, Abundanz und Biovolumen im Rahmen der natürlichen interannuellen Variabilität und unter Berücksichtigung teilweise unterschiedlicher Methodik sehr gut in die Monitoringdaten der Jahre 2011 bis 2015 einordnen (siehe Kapitel 6.2.3).

Ein regelmäßiges Planktonmonitoring wird auch vom Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) durchgeführt (z.B. Wasmund et al. 2016). Die in diesem Programm beprobten Stationen liegen jedoch deutlich weiter von der Küste entfernt im offenen Wasser der Ostsee, so dass die Ergebnisse nicht unmittelbar mit den hier ermittelten Werten vergleichbar sind.

Grundsätzlich war die Entwicklung des Phytoplanktons während des Beprobungszeitraums jedoch typisch für die inneren und äußeren Küstengewässer des Untersuchungsgebietes.

Im Bereich der Mecklenburger Bucht tritt die Frühjahrsblüte des Phytoplanktons gewöhnlich zwischen Mitte Februar und Mitte März auf (z.B. Wasmund et al. 2016, Wasmund et al. 2015 sowie frühere Berichte des IOW¹). Nachdem über den Winter durch die geringe Aktivität des Phytoplanktons über bakterielle Aktivität und Zuflüsse hohe Nährstoffkonzentrationen akkumuliert wurden, können sich innerhalb kürzester Zeit hohe Biomassen des pflanzlichen Planktons entwickeln. Aufgrund ausreichend vorhandener Silikatmengen werden diese Blüten vor allem von Diatomeen (Kieselalgen) und Dictyochophyceae gebildet. Im Jahr 2016 fand die Frühjahrsblüte vor dem Beginn der eigenen Untersuchungen (Ende April) statt. An der Station SK2 im äußeren Seekanal konnten bei der Beprobung im April noch größere Biomassen an Dictyochophyceae und Diatomeen im Frühjahr gefunden werden (siehe Kapitel 3.5.5). Dabei dominierten insbesondere bei den Dictyochophyceae auch die Arten *Dictyocha speculum* und *Pseudochattonella farcimen*, die auch aus den Jahren zuvor als bestandsbildend beschrieben wurden (z.B. Wasmund et al. 2016, Wasmund et al. 2015 sowie frühere Berichte des IOW).

Insbesondere nach Erschöpfung des Silikates durch die genannten Gruppen dominieren nach der Frühjahrsblüte Vertreter aus anderen taxonomischen Gruppen wie Dinoflagellaten, Grünalgen, Cryptophyceae sowie Cyanobacteria (Blaualgen). Vor allem im küstennahen Bereich können durch die ständige Zufuhr von Silikat über Oberflächenabflüsse auch die beiden silikatbedürftigen Gruppen der Diatomeen und Dictyochophyceae in nennenswerten Mengen weiterhin vorkommen. Die Gesamtbiomasse bewegt sich mit Schwankungen auf deutlich niedrigerem Niveau als während des Frühjahrs, die innerhalb der Gruppen dominierenden Arten können von Jahr zu Jahr deutlich variieren (z.B. Wasmund et al. 2016, Wasmund et al. 2015 sowie frühere Berichte des IOW). Dieses Muster konnte so auch bei den eigenen Untersuchungen im Jahr 2016 an allen fünf beprobten Stationen gefunden werden (siehe Kapitel 3.5). Die Biomassen waren vergleichsweise gering, die unterschiedlichen taxonomischen Gruppen kamen relativ gleichmäßig vor. An den beiden Seekanalstationen SK1 und SK2 bildeten die Diatomeen im Juli und August etwas größere Bestände.

Aufgrund der weiteren Anreicherung von Nährstoffen bilden sich zum Herbst hin noch einmal größere Bestände des Phytoplanktons. Diese sogenannte Herbstblüte, die bis in den November hinein auftreten kann, wird meist dominiert von Dinoflagellaten und Diatomeen, die Biomasse kann die der Frühjahrsblüte durchaus erreichen (z.B. Wasmund et al. 2016, Wasmund et al. 2015 sowie frühere Berichte des IOW). Bei den im vorliegenden Bericht dargestellten Untersuchungen in 2016 konnte während der letzten Beprobung Ende September der Beginn der Herbstblüte bereits beobachtet werden. Insbesondere an den Stationen Unterwarnow (UW) und Breitling (B2) konnten zu diesem Zeitpunkt schon deutlich höhere Biomassen ermittelt werden als im Sommer. An allen Stationen dominierten bereits die Dinoflagellaten (siehe Kapitel 3.5).

¹ <https://www.io-warnemuende.de/biologischer-zustand-der-ostsee-2015.html>

Die Klassifizierung nach WRRL ergab einen mäßigen bis unbefriedigenden Zustand anhand des Phytoplanktons für die fünf beprobten Stationen im Jahr 2016 (siehe Kapitel 0). Damit wird die anthropogene Beeinflussung auf diese Qualitätskomponente, insbesondere durch erhöhte Biomassen (Mittel über die Vegetationsperiode), deutlich. Die hier berechnete Bewertung deckt sich mit den Einstufungen des letzten 6-jährigen Bewirtschaftungszeitraumes. Vom naturnahen Referenzzustand (Klassifizierung sehr gut) sind die Gesellschaften damit noch deutlich entfernt.

6.3 Zooplankton

Das Zooplankton wird bei der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) als Qualitätskomponente nicht berücksichtigt und deshalb auch nicht zur Bewertung des ökologischen Zustandes bzw. Potenzials herangezogen. Deshalb kann hier diesbezüglich keine Einordnung der eigenen Daten mit offiziellen Klassifizierungen der letzten Jahre erfolgen. Zooplankton ist jedoch für die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) relevant. Aus diesem Grund hat das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie in Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) mit einem entsprechenden regelmäßigen Monitoring in den Küstengewässern begonnen. Dabei liegt die Station O5 (siehe Abbildung 47 in Kapitel 6.1) in unmittelbarer Nähe zur hier beprobten äußeren Station (SK2) im Seekanal, so dass sie für eine Einordnung der eigenen Daten herangezogen werden kann. Aus dem inneren geschützten Bereich des Breitlings bzw. der Unterwarnow gibt es keine Zooplanktondaten.

Um die Ergebnisse unserer Probenahmen im Jahr 2016 insgesamt einschätzen zu können, wurden diese den Daten zur Zooplanktonentwicklung über 4 Vegetationsperioden hinweg an Station O5 des LUNG-Monitorings hinzugefügt und in Abbildung 71 bis Abbildung 75 dargestellt. Ein für die Entwicklung einer Zooplanktonpopulation typischer Verlauf, der durch hoch variable Individuendichten sowohl innerhalb einer Vegetationsperiode als auch vergleichend in verschiedenen Jahren und demselben Standort gekennzeichnet ist, kann deutlich abgelesen werden.

Insgesamt betrachtet, sind die gefundenen Abundanzen an Station SK2 sehr gut in den Schwankungsbereich der Abundanzen, die in den vergangenen Jahren an Station O5 gefunden worden, einzuordnen (Abbildung 71).

Werden die Monate August und September 2016 direkt miteinander verglichen, so sind Abweichungen festzustellen (O5: August mit 62.179 Ind. m^{-3} und September mit 27.432 Ind. m^{-3} ; SK2 August mit 44.171 Ind. m^{-3} und September mit 98.500 Ind. m^{-3}). Diese Variabilität liegt jedoch wiederum in einem Bereich, der typischerweise bei Zooplanktongemeinschaften gefunden wird, wenn sowohl die Station nicht die identische Lage hat als auch die Probenahmezeitpunkte mehrere Tage auseinanderliegen (O5 am 12.09.2016, SK2 am 20.09.16).

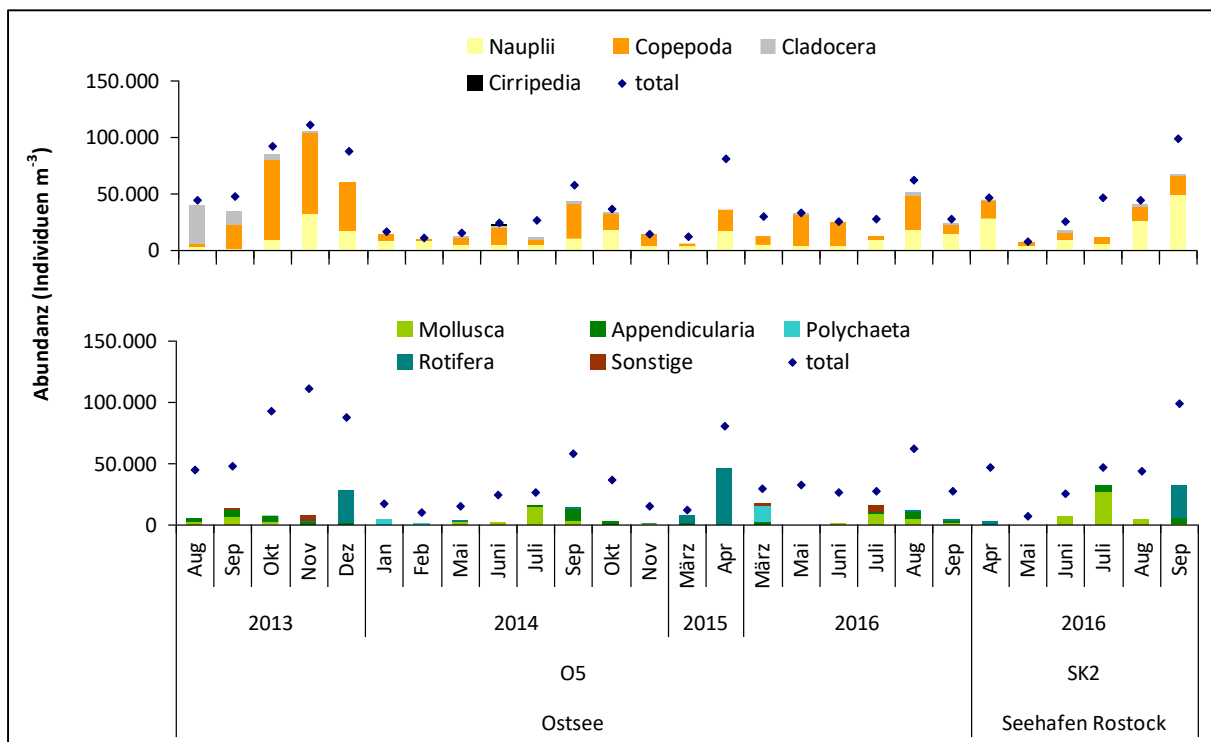


Abbildung 71: Jahresgänge der Abundanz der Zooplanktongemeinschaften an Station O5 des LUNG-Monitorings und der Außenstation SK2.

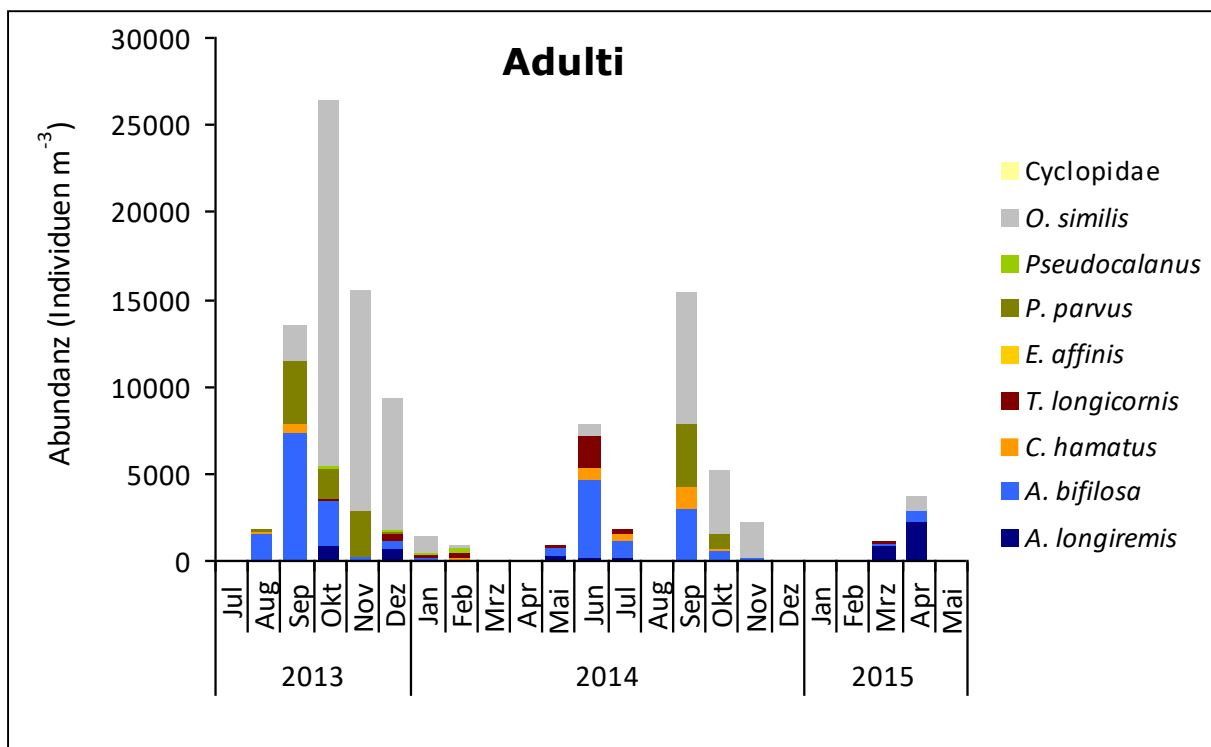


Abbildung 72: Jahresgänge der Abundanz und Zusammensetzung der verschiedenen Taxa der Copepoda der Zooplanktongemeinschaften an der Station O5 des LUNG-Monitorings.

Ebenso gut miteinander vergleichbar sind die beiden Stationen bezüglich ihrer Artenzusammensetzung (Abbildung 71). Sowohl die überwiegende Dominanz der Copepoda konnte an Station SK2 (siehe Tabelle 6 in Kapitel 4.2) gefunden werden, als auch die gelegentlich mit hohen Abundanzen vorkommenden Vertreter der Appendicularia, Mollusca und Rotifera.

Auch die Artenzusammensetzung innerhalb der Copepoda mit den Hauptvertretern *Acartia* spp. und *Oithona similis* und dem sporadischen Auftreten von *Temora longicornis*, *P. calanus* spp. und *Centropages hamatus* ist nahezu identisch an den beiden Stationen (siehe Tabelle 7 in Kapitel 4.2 und vergleichend Abbildung 72).

Ein ähnliches Bild ergibt sich beim Vergleich der beiden Station auch hinsichtlich der Biomasse (Abbildung 73, siehe Tabelle 8 in Kapitel 4.3). Copepoda begründen oftmals den Hauptteil der Zooplanktonbiomasse, jedoch können auch Vertreter der Mollusca-Larven und hier Appendicularia hohe Biomasseanteile erreichen.

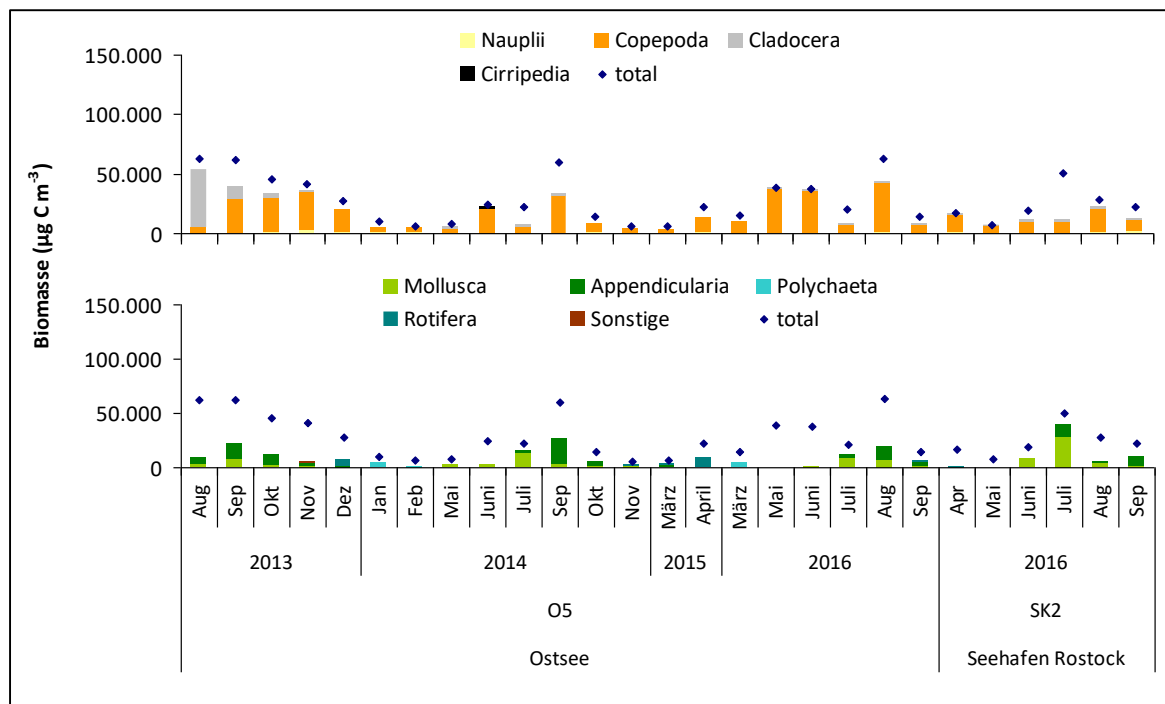


Abbildung 73: Jahresgänge der Biomasse und Anteile der Biomasse der verschiedenen Taxa der Zooplanktongemeinschaften an der Station O5 des LUNG-Monitorings und der Außenstation SK2.

Der Vergleich der Zooplanktonpopulationen hinsichtlich Abundanz und Biomasse zwischen der Station O5 bzw. den Tiefwasser-Stationen und den Flachwasser-Stationen im Bereich Breitling und Unterwarnow, zeigt außerdem deutlich den Effekt der Eigenschaften der Station bezüglich Lage und Tiefe und somit dem Lebensraum

der Zooplanktongemeinschaft (Abbildung 74 und Abbildung 75), wonach in geschützten und flachen Bereichen innerhalb einer Vegetationsperiode deutlich höhere Individuendichten und Biomassen erreicht werden können.

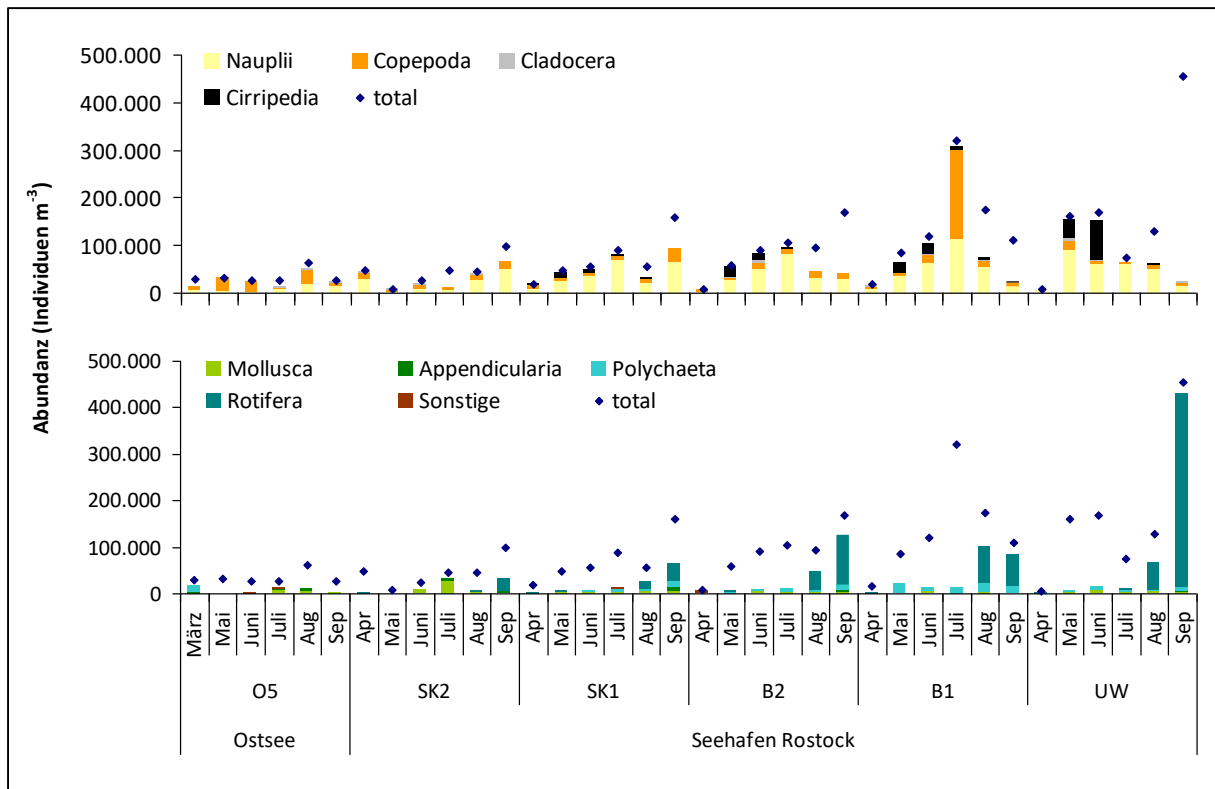


Abbildung 74: Entwicklung der Abundanz der Zooplanktongemeinschaften in der Vegetationsperiode 2016 an Station O5 des LUNG-Monitorings und allen Stationen dieses Projektes.

Insgesamt stimmen die innerhalb dieses Projektes erhobenen Daten an der Außenstation SK2 sehr gut mit den wenigen zur Verfügung stehenden Vergleichsdaten überein. Wie bereits erwähnt, kann mangels Bewertungssystem nach WRRL für das Zooplankton keine Klassifizierung vorgenommen werden. Aus gutachterlicher Sicht sind die an der Außenstation gefundenen Bestände hinsichtlich Artenzusammensetzung und der Abundanz gut in den seit dem Jahr 2000 festgestellten Trend (Wasmund et al. 2016) des deutlichen Rückgangs des Zooplanktons einzuordnen und somit als typisch und aufgrund der Abhängigkeiten in den Nahrungsnetzen ähnlich einzuschätzen, wie das Phytoplankton (siehe Kapitel 0).

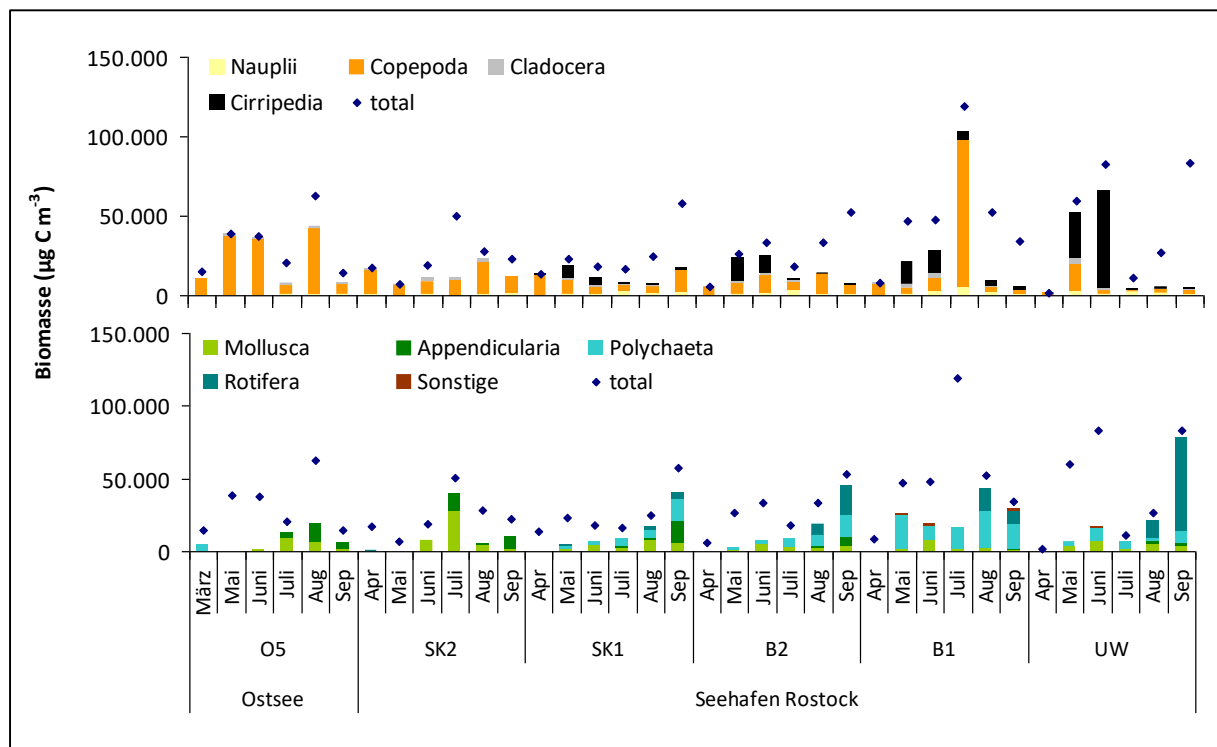


Abbildung 75: Entwicklung der Biomasse und Anteile der Biomasse der verschiedenen Taxa der Zooplanktongemeinschaften in der Vegetationsperiode 2016 an der Station O5 des LUNG-Monitorings und allen Stationen dieses Projektes.

6.4 Physikalisch-chemische Messgrößen

Für die Bewertung der Sondenmessungen wurden zur Einordnung der Messergebnisse bereits Vergleiche mit den LUNG-Stationen im Kapitel 4.1 vorgenommen. An dieser Stelle wird dies zum einen noch durch Übersichtsdarstellungen zusammen mit Monatsmittelwerten der LUNG-Vergleichsstationen und zum anderen durch einen Vergleich einzelner Untersuchungsstationen ergänzt. Im Vergleich zu den längerjährigen (2011-2015) Monatsmittelwerten der LUNG-Messungen zeigten die Sondendaten im Untersuchungszeitraum von April bis September 2016 keine Ausreißerwerte, die über jahreszeitliche Schwankungen hinausgingen. Dies war ein Hinweis, dass es sich bei dem Untersuchungsjahr 2016 um kein Jahr handelte, in dem außergewöhnliche Ökosystemzustände in Bezug auf die physikalisch-chemischen Parameter auftraten. Allerdings ist diese Aussage insofern mit Vorsicht zu betrachten, als es sich bei allen Messungen nur um jeweils eine Tagesmessung pro Parameter und Monat handelte. Für eine statistische Einordnung wären mehrere Messungen pro Monat und eine entsprechende Mittelwertbildung erforderlich gewesen.

In den folgenden Abbildungen werden die Ergebnisse der Sondenmessungen an den verschiedenen Stationen für die Parameter Temperatur, Salzgehalt, Leitfähig-

keit, pH-Wert und Sauerstoffsättigung, an den tieferen Stationen jeweils für Oberfläche und Boden getrennt, im Vergleich mit den LUNG-Monatsmittelwerten der entsprechenden Vergleichsstationen in Form von Säulendiagrammen dargestellt.

An der äußeren Seekanal-Station erfolgte der Vergleich mit der LUNG-Station O5, für die innere Seekanal-Station wurden die Werte mit der LUNG-Station UW4 verglichen. Für die beiden Breitling-Stationen wurde die LUNG-Station UW6 als Vergleichsstation ausgewählt, weshalb die Darstellung der Stationen B2 und B1 gemeinsam in einem Diagramm erfolgte. Im Fall der Unterwarnow-Station wurden für den Vergleich mit den Monatsmittelwerten nicht nur die Messungen an der südlich gelegenen LUNG-Station UW3 berücksichtigt, sondern ein gemeinsamer Monatsmittelwert aus UW3 und UW4 berechnet.

6.4.1 Temperatur und Salinität

Die Zusammenstellung der im Jahr 2016 gemessenen Temperaturen zeigte im Vergleich mit den LUNG-Monatsmittelwerten einen sehr ähnlichen Verlauf im Untersuchungszeitraum von April bis September (Abbildung 76). Nur im September wurden an den Stationen SK2, SK1 und B2 in Bodennähe und an der Station SK2 auch an der Oberfläche geringere Temperaturen gemessen und die Monatsmittelwerte um bis zu 1,2 °C unterschritten. In den übrigen Monaten wurden Temperaturen gemessen, die teilweise in ähnlichen Bereichen wie die Monatsmittelwerte lagen, aber insbesondere in den Monaten April, Mai und Juni auch Überschreitungen von bis 3,9 °C aufwiesen.

Bei den Vergleichen muss berücksichtigt werden, dass die im Jahr 2016 vorgenommenen Messungen lediglich einen einzigen Zeitpunkt im jeweiligen Messmonat repräsentieren. Hier konnten die täglichen Schwankungen nicht berücksichtigt werden, die zum Teil größer als die Schwankungen zwischen zwei Monatsmittelwerten sein können. Insofern kann eine Einordnung der Messwerte in die längerjährigen Monatsmittelwerte des LUNG nur Hinweise auf extreme Abweichungen liefern.

Die Salzgehalte zeigten im Vergleich mit den LUNG-Stationen insgesamt eine gute Übereinstimmung, lagen aber im Jahr 2016 an den meisten Stationen oberhalb der Monatsmittelwerte der Vergleichsstationen im Zeitraum 2011-2015 (Abbildung 77). Nur an der äußeren Seekanal-Station SK2 wurden die Monatsmittelwerte im Juni am Boden und im September an der Oberfläche unterschritten. Im Juni wurde eine Unterschreitung der Monatsmittelwerte am Boden auch an der inneren Seekanal-Station SK1 und der tiefen Breitling-Station B2 festgestellt. Im April 2016 wurden die Monatsmittelwerte an der Unterwarnow-Station UW leicht unterschritten. Alle anderen Salzgehalte lagen im gleichen Bereich wie die Monatsmittelwerte oder darüber.

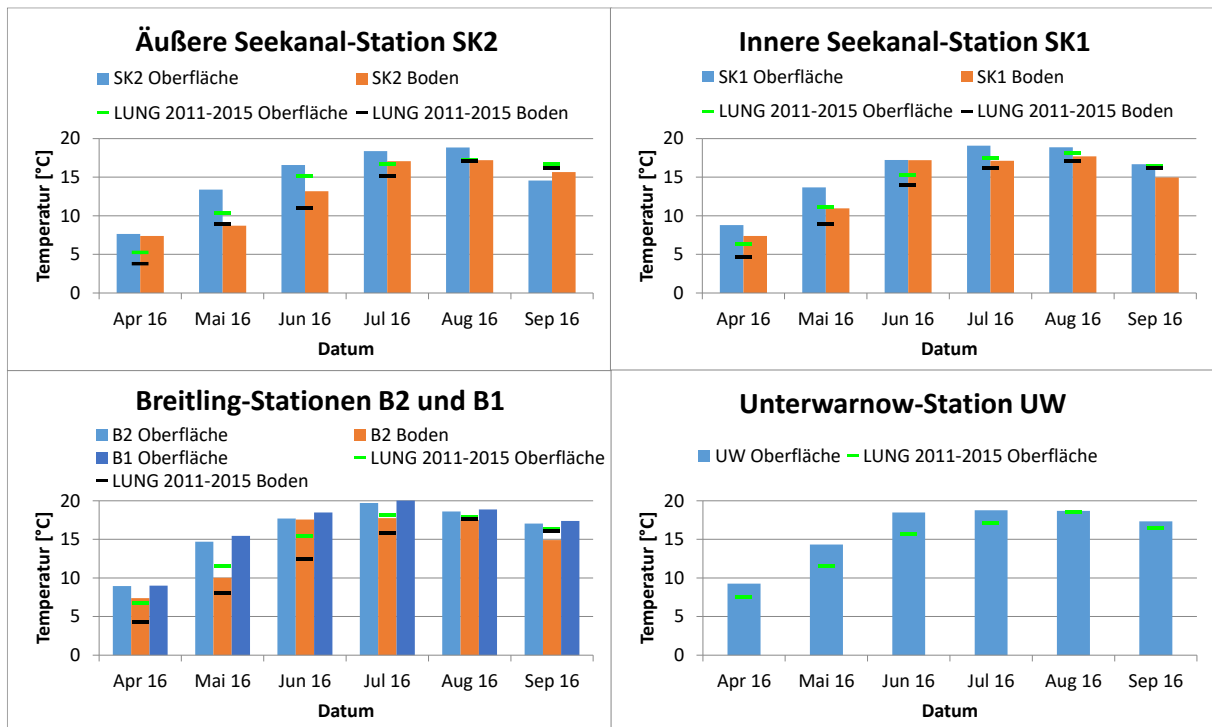


Abbildung 76: Temperaturen an den Untersuchungsstationen von April bis September 2016 an der Oberfläche und am Boden, soweit vorhanden, im Vergleich mit Monatsmittelwerten (grüne Markierung für Oberflächenwerte und schwarze Markierung für Bodenwerte) der entsprechenden LUNG-Vergleichsstationen im Zeitraum 2011-2015.

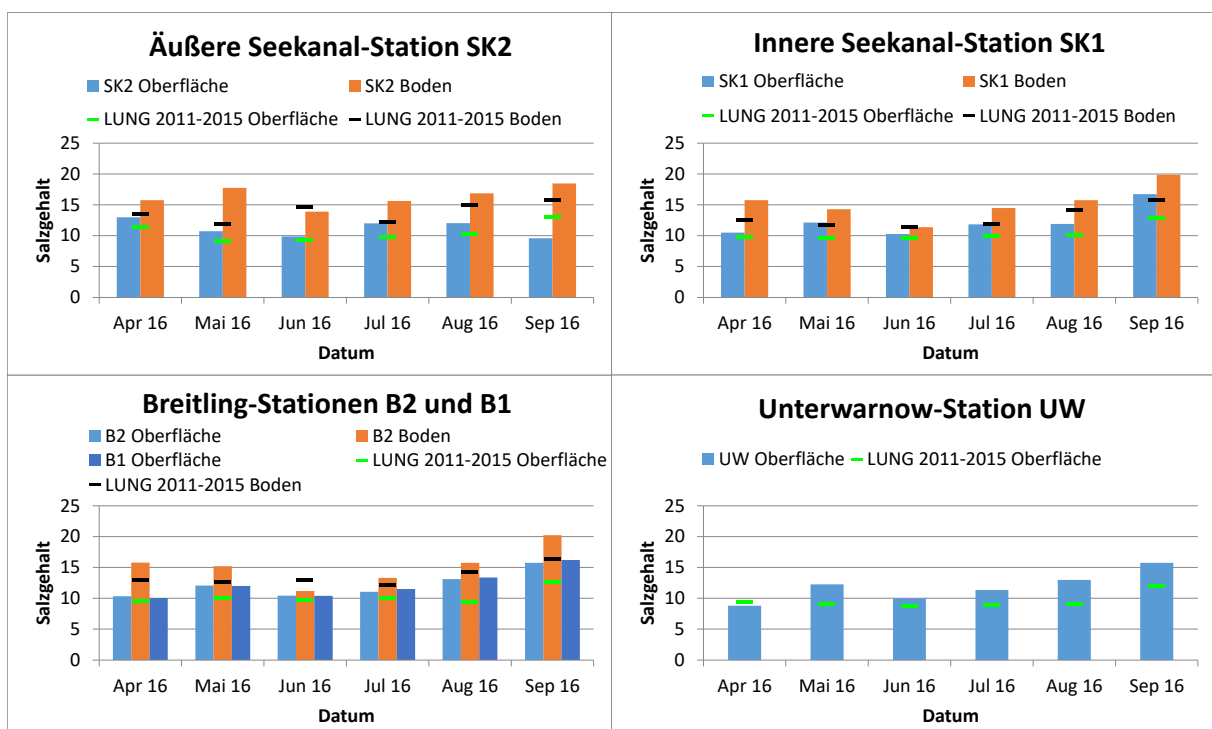


Abbildung 77: Salzgehalte der Untersuchungsstationen von April bis September 2016 an der Oberfläche und am Boden, soweit vorhanden, im Vergleich mit Monatsmittelwerten (grüne Markierung für Oberflächenwerte und schwarze Markierung für Bodenwerte) der entsprechenden LUNG-Vergleichsstationen im Zeitraum 2011-2015.

Neben der Darstellung von Oberflächen- und Bodenwerten im Vergleich mit Monatsmittelwerten der LUNG-Daten wurden außerdem die vorliegenden Daten zu den Tiefenprofilen der Salzgehalte an den LUNG-Stationen für die Jahre 2014 und 2015 im Bereich des Seekanals mit den Messungen des Jahres 2016 verglichen. In der folgenden Abbildung 78 sind die Tiefenprofile der Salzgehalte an den Seekanal-Stationen im Jahre 2016 im direkten Vergleich mit den jeweiligen LUNG-Stationen der Vorjahre 2014 und 2015 für die Monate Juni, Juli und September dargestellt. Dabei wird deutlich, dass die Salzgehalte im Monatsvergleich zwar in ähnlichen Bereichen lagen, aber insbesondere im September stärkere jahreszeitliche Schwankungen auftraten. Die Abweichungen zwischen den Untersuchungen im Jahre 2016 und den LUNG-Vergleichsstationen waren an der Oberfläche geringer als in Bodennähe und im Monatsvergleich im Juni und Juli geringer als im September. An beiden Seekanal-Stationen wurden die größten Abweichungen im September in Bodennähe ermittelt mit Salzgehalten, die um 2,1 an der äußeren und um 3,3 an der inneren Seekanal-Station im Jahr 2016 höher lagen als an der LUNG-Station des Vorjahres. Die Salzgehalte im Jahre 2014 lagen etwas höher als 2015, aber noch deutlich unter den Werten von 2016.

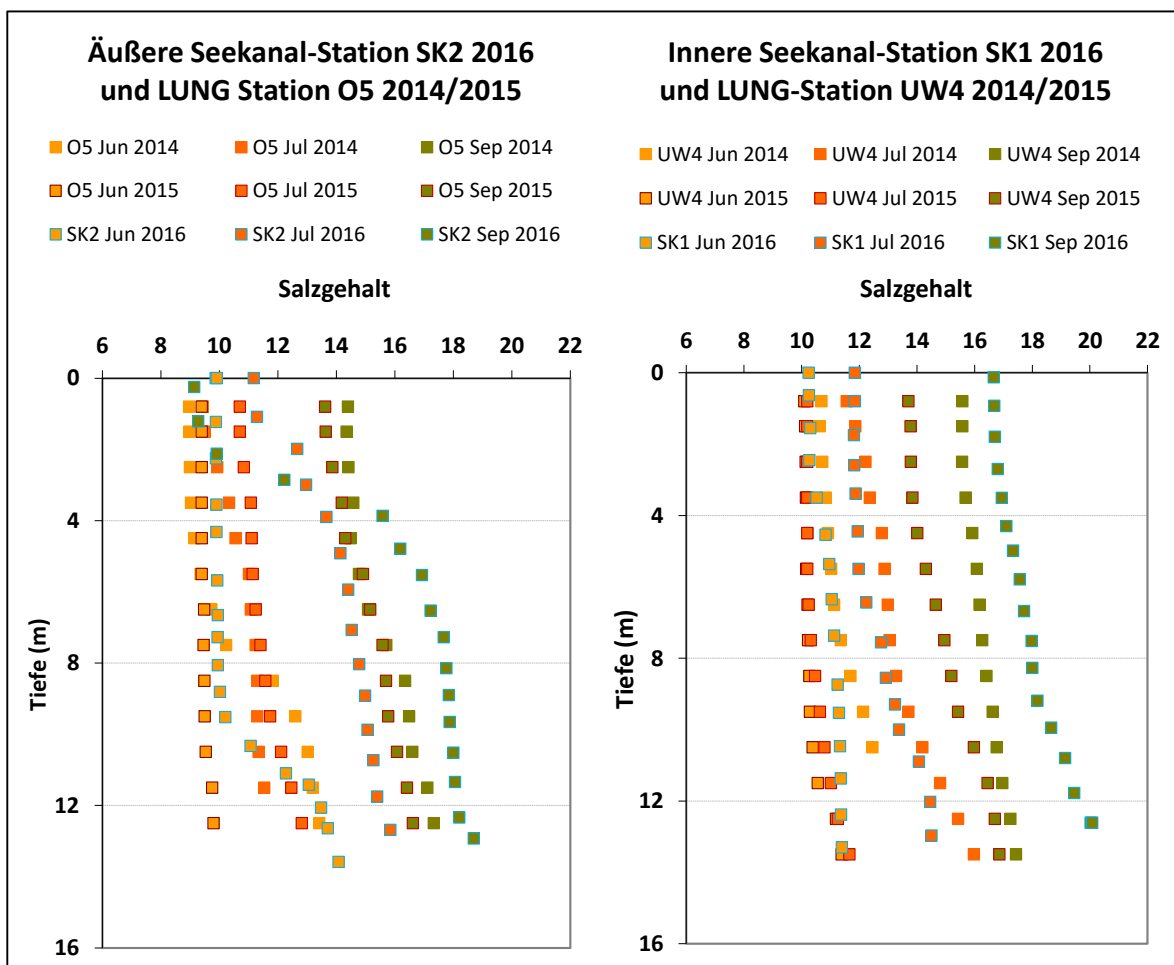


Abbildung 78: Tiefenprofile der Salzgehalte an der äußeren und inneren Seekanal-Station (SK2 und SK1) von Juni, Juli und September 2016 im Vergleich zu den LUNG-Stationen O5 und UW4 von Juni, Juli und September 2014 und 2015.

In der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) vom 20.06.2016 sind unter den Anforderungen für den guten ökologischen Zustand bzw. das Potenzial im Hinblick auf die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten für die verschiedenen Gewässertypen auch Durchschnittswerte für Salinitäten aufgelistet. Danach sollte die Salinität für den Bereich Unterwarnow (Typ B2a) $\leq 7,7$ sein. Dieser Wert wurde im Untersuchungszeitraum April bis September 2016 ebenso überschritten wie an den LUNG-Stationen der Vorjahre in der Ganzjahresbetrachtung. Aufgrund der Inanspruchnahme der Ausnahmeregelung wird für die Unterwarnow als erheblich verändertem Wasserkörper das mäßige ökologische Potenzial angestrebt und eine schlechtere Einstufung als mäßig ist nach CIS-Guidance zur Umsetzung der WRRL für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten nicht vorgesehen. Daher können sich keine Verschlechterungen um eine ganze Zustandsklasse ergeben, und es sind demzufolge auch keine Grenzwerte für weitere Klassengrenzen aufgestellt worden. Allerdings gilt auch in diesem Fall das grundsätzliche Verschlechterungsverbot. Laut der Entscheidung des Europäischen Gerichtshofs (EuGH) stellt jede weitere Beeinträchtigung eine Verschlechterung des Gewässers dar, auch wenn bereits die schlechteste Klasse der Zustandsbewertung erreicht wurde.

6.4.2 pH-Wert

Der Vergleich der pH-Messungen mit den Monatsmittelwerten der LUNG-Daten ergab deutliche Abweichungen sowohl im generellen Verlauf der Werte über die Vegetationsperiode als auch in einzelnen Monaten an den verschiedenen Untersuchungsstationen (Abbildung 79). Die pH-Werte lagen an allen Stationen in den Monaten Juli und August über den Monatsmittelwerten der LUNG-Vergleichsstationen, während vor allem an der äußeren Seekanal-Station SK2 deutliche Unterschreitungen in allen übrigen Monaten festgestellt wurden. An der inneren Seekanal-Station SK1 waren die deutlich geringeren pH-Werte im Mai und September auffällig. Im April wurden an der Oberfläche und im Juni in Bodennähe pH-Werte gemessen, die gut mit den Monatsmittelwerten übereinstimmten. Der Verlauf der pH-Werte an den Breitling-Stationen zeigte dagegen keine gute Übereinstimmung, denn nur im April und Juni waren die pH-Werte an der Oberfläche vergleichbar mit den Monatsmittelwerten, während im Mai und September deutliche Unterschreitungen vorlagen. Im Juli und August, also die Monate, in denen die pH-Monatsmittelwerte im Verlauf der Vegetationsperiode abnehmen, traten die größten Überschreitungen sowohl an der Oberfläche als auch in Bodennähe auf. An der Unterwarnow-Station verhielten sich die pH-Werte sehr ähnlich. Es wurden gut vergleichbare Werte in den Monaten April und Juni festgestellt und deutlich geringere Werte im Mai und September sowie höhere pH-Werte im Juli und August. Hieraus ließ sich ein abweichender Verlauf im Jahr 2016 im Hinblick auf die Phytoplanktonaktivität und darauffolgende Abbauprozesse ableiten.

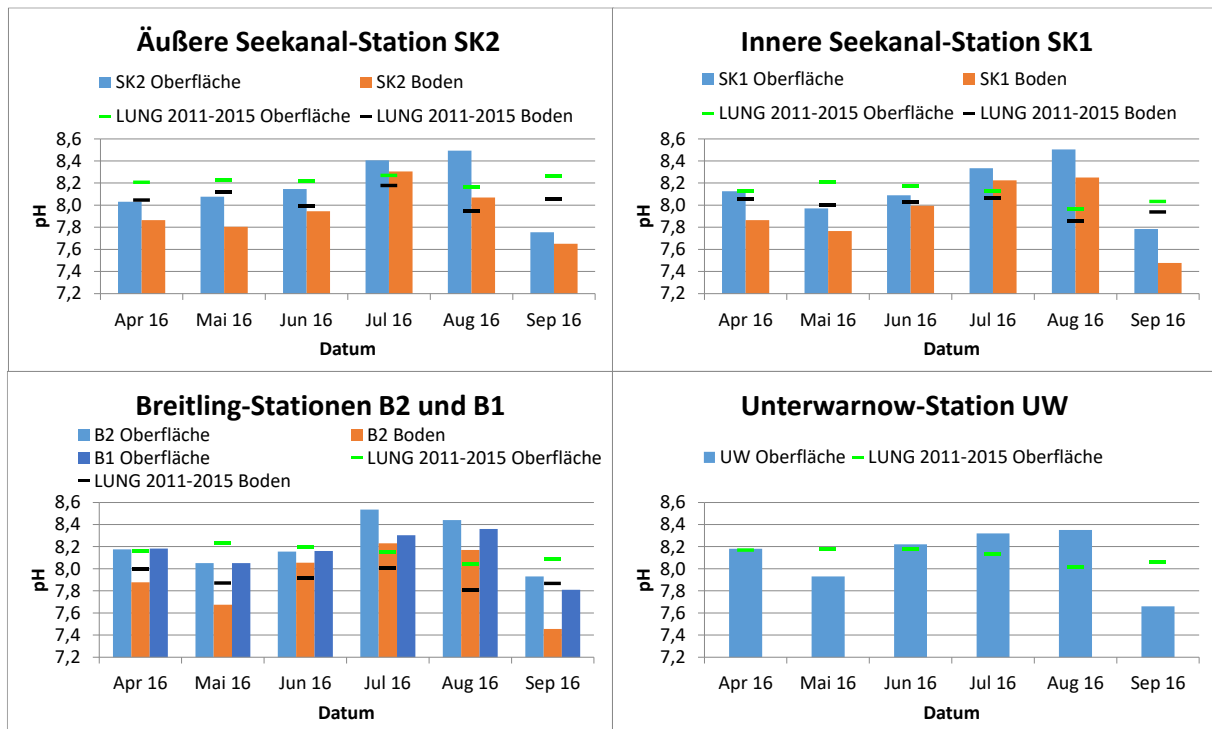


Abbildung 79: pH-Werte an den Untersuchungsstationen von April bis September 2016 an der Oberfläche und am Boden, soweit vorhanden, im Vergleich mit Monatsmittelwerten (grüne Markierung für Oberflächenwerte und schwarze Markierung für Bodenwerte) der entsprechenden LUNG-Vergleichsstationen im Zeitraum 2011-2015.

6.4.3 Sauerstoffsättigung

Für die Einordnung der Sauerstoffmessungen wurden die Sättigungswerte ausgewählt und in der folgenden Abbildung 80 den Monatsmittelwerten an den LUNG-Stationen gegenübergestellt. Bis auf wenige Ausnahmen war die Sauerstoffsättigung sowohl an der Oberfläche als auch in Bodennähe im Jahr 2016 niedriger im Vergleich zu den Monatsmittelwerten. Nur im Juli wurden an der Breitling-Station B2 und der Unterwarnow-Station UW die Monatsmittelwerte an der Oberfläche überschritten. Die Sauerstoffsättigung am Boden der Station B2 war im Juni ebenfalls höher als der Monatsmittelwert. Die größten Abweichungen wurden im September festgestellt. Hier waren die Sauerstoffsättigungswerte an den Stationen SK1 und UW mehr als 30 % niedriger als die Monatsmittelwerte.

In der Abbildung 80 wurden zusätzlich zwei Markierungslinien (rot gestrichelt) eingefügt, die den Vorgaben zum Orientierungswert der Sauerstoffsättigung der AG BLMP (Arbeitsgruppe Bund/Länder-Messprogramm) für die Bewertung der Küstengewässertypen von Nord- und Ostsee entsprechen. Danach wurde der Orientierungswert für den guten Zustand auf mindestens 75 % Sauerstoffsättigung und höchstens 130 % Sauerstoffübersättigung festgelegt. Im Untersuchungszeitraum von April bis September 2016 wurden keine Überschreitungen ermittelt, aber in den Monaten August und September wurde der Orientierungswert von 75 % an den Stationen SK2 und B2 in Bodennähe und an der Station UW an der Oberfläche

unterschritten. Auch die Monatsmittelwerte an der LUNG-Station UW6 lagen in den Monaten August und September im Zeitraum 2011 bis 2015 in Bodennähe bereits unterhalb des Orientierungswertes von 75 % Sauerstoffsättigung. An der LUNG-Station UW4 lagen die Monatsmittelwerte im gleichen Zeitraum nur knapp oberhalb des Orientierungswertes.

In der Abbildung 81 wurden die Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung an der inneren Seekanal-Station SK1 und der tiefen Breitling-Station B2 den LUNG-Stationen UW4 und UW6 für die Monate Juni, Juli und September gegenübergestellt. Hieran wurde deutlich, dass es insbesondere im September zu größeren Schwankungen zwischen den Jahren kam und an beiden Stationen im September 2016 die niedrigste Sauerstoffsättigung ermittelt wurde. Auch im Monatsvergleich von Juni und Juli war die Sauerstoffsättigung im Jahr 2016 geringer als in den Vorjahren, aber die Unterschiede zwischen den Jahren waren deutlich geringer als im Monat September.

An den LUNG-Stationen UW3 und UW6 traten neben den Monaten August und September in den vergangenen Jahren auch in den Monaten Oktober und November noch Sauerstoffsättigungswerte von nur 50 % auf und erst ab Dezember wurden Sättigungswerte von 70 % nicht mehr unterschritten.

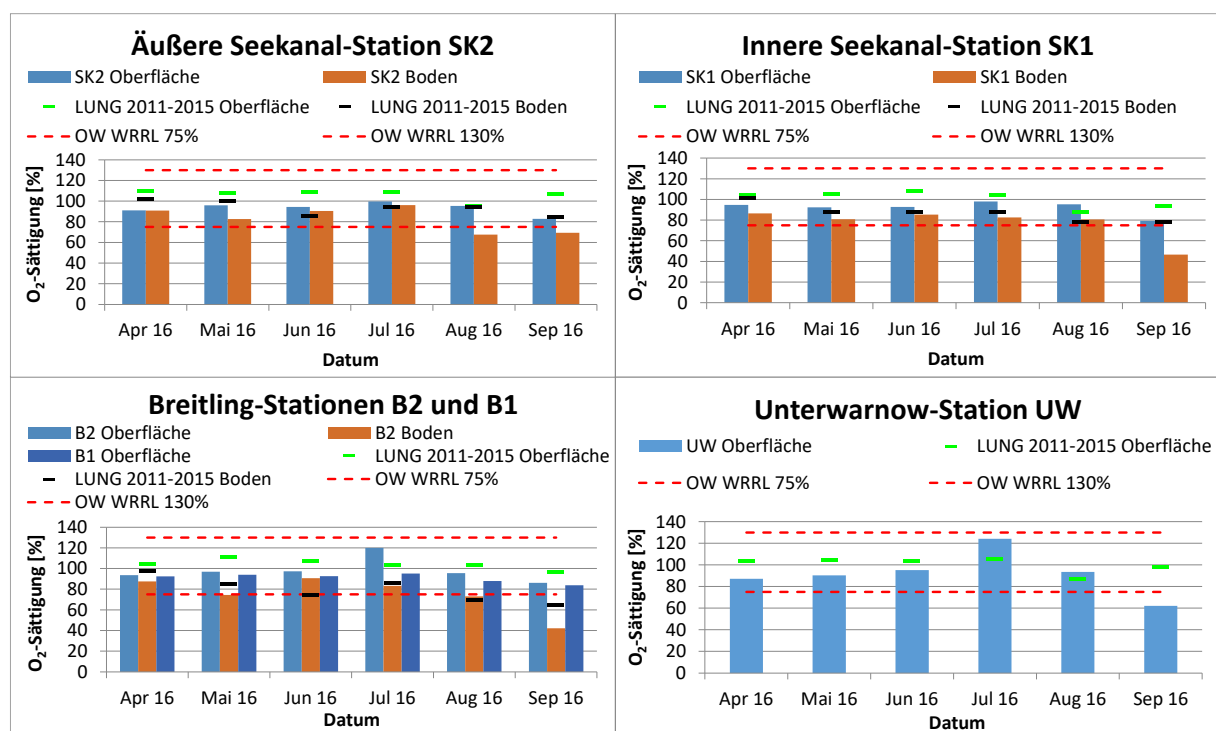


Abbildung 80: Sauerstoffsättigung an den Untersuchungsstationen von April bis September 2016 an der Oberfläche und am Boden, soweit vorhanden, im Vergleich mit Monatsmittelwerten (grüne Markierung für Oberflächenwerte und schwarze Markierung für Bodenwerte) der entsprechenden LUNG-Vergleichsstationen im Zeitraum 2011-2015.

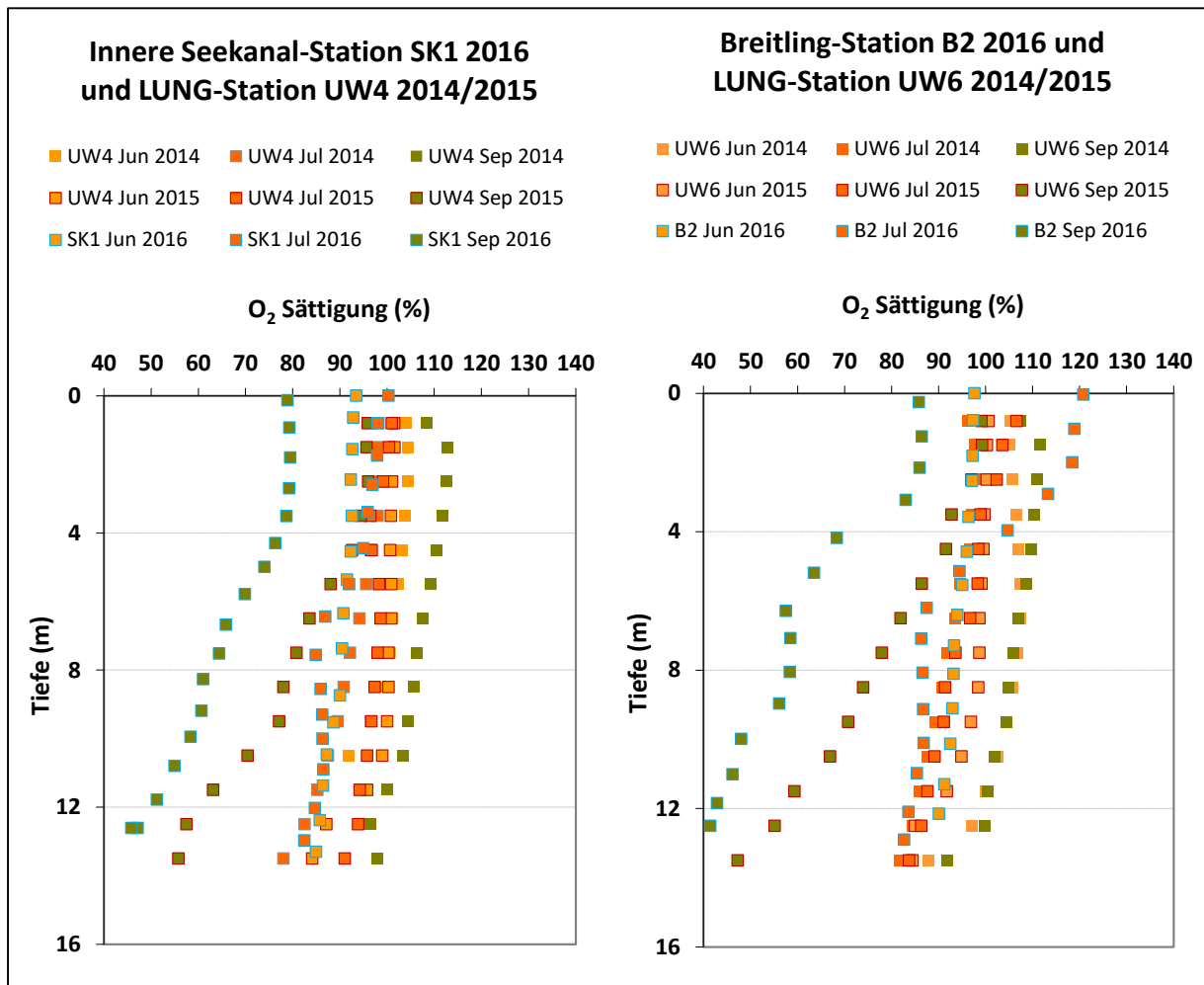


Abbildung 81: Tiefenprofile der Sauerstoffsättigung an der inneren Seekanal-Station SK1 und der tiefen Breitling-Station B2 vor Pier III von Juni, Juli und September 2016 im Vergleich zu den LUNG-Stationen UW4 und UW6 von Juni, Juli und September 2014 und 2015.

6.4.4 Nährstoffe

6.4.4.1 Nährstoff-Monitoringdaten des LUNG

In diesem Kapitel werden die von April bis September 2016 gemessenen Werte der Nährstoffparameter für jeden Monat dargestellt und den 5-Jahres-Messungen des LUNG in der Unterwarnow und im Seekanal gegenübergestellt. Dafür wurden aus den LUNG-Daten über den Gesamtzeitraum von 2011 bis 2015 für jeden Monat die 10%- und 50%-Perzentile berechnet (letzteres entspricht dem Median) und in den Grafiken dargestellt. Ziel der Beschreibung ist eine generelle Einordnung der Daten in die Nährstoffsituationen der vergangenen WRRL-Bewertungsperiode.

Abbildung 82 zeigt die Konzentrationen für alle Nährstoffparameter an den verschiedenen Probenahmestationen für den Monat April. Hier ist deutlich zu sehen, dass alle anorganischen Stickstoffkomponenten an der Unterwarnow-Station UW im Vergleich den anderen beprobten Stationen die höchsten Werte erreichten, das

galt sowohl für die oberflächennahen als auch die bodennahen Proben. Für Nitrat wurde hier das 50%-Perzentil der LUNG-Monatsdaten von 2011 bis 2015 erreicht, für Ammonium und Nitrit deutlich überschritten. Ammonium und Nitrit hatten auch an den weiteren in der Unterwarnow liegenden Stationen Oberflächenwerte nahe oder über dem 50%-Perzentil der LUNG-Daten. Gleiches galt für die Oberflächenwerte von Silikat.

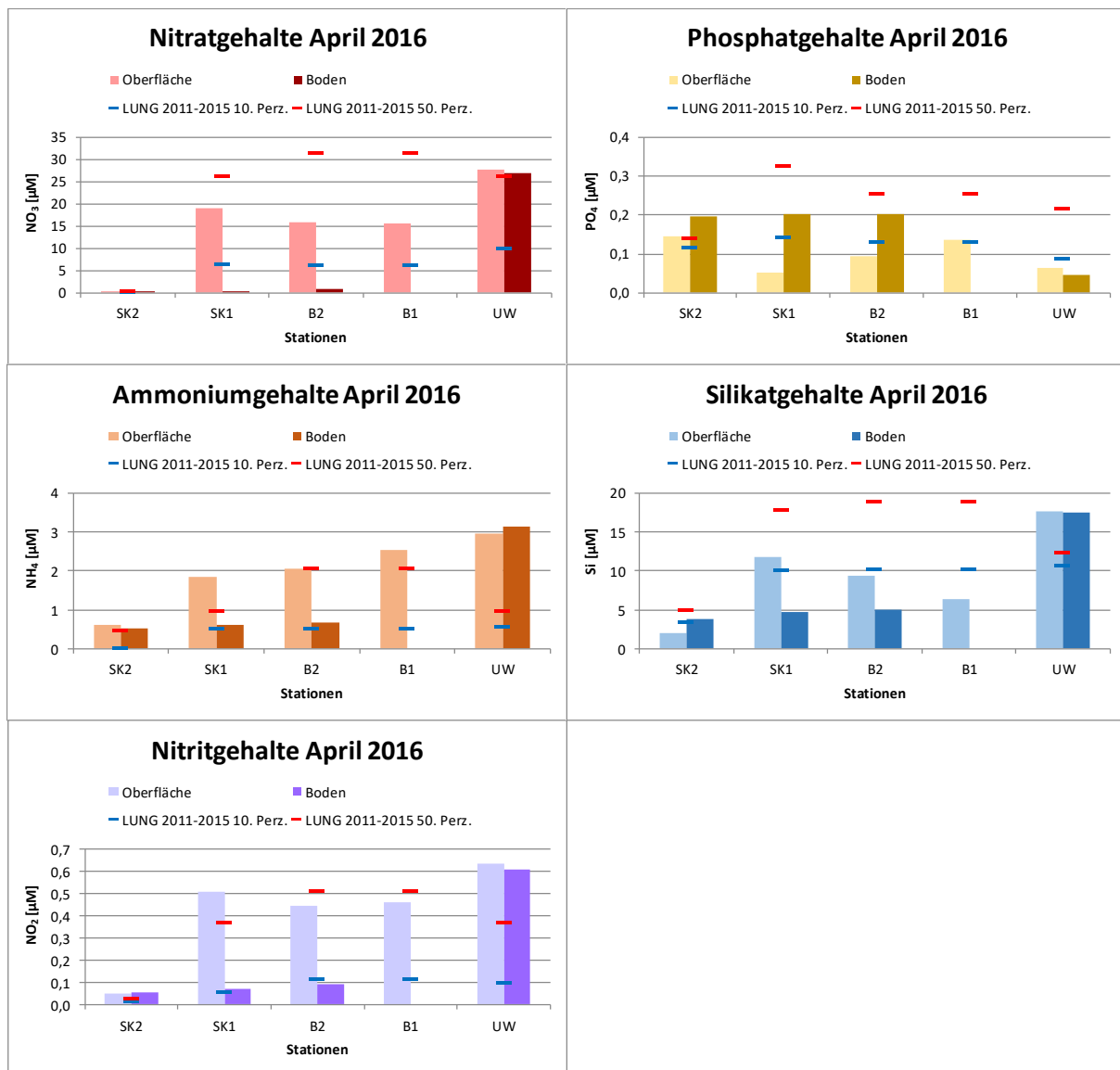


Abbildung 82: Nährstoffe (Nitrat, Ammonium, Nitrit, Phosphat und Silikat) oberflächen- und bodennah an allen Untersuchungsstationen im April 2016; Markierungslinien in Rot zeigen die 50%-Perzentilen, in Blau die 10%-Perzentilen für jede Station bezogen auf LUNG-Messdaten von 2011-2015.

Bezüglich der Ursachen für diese hohen Stickstoffwerte im April an der Unterwarnow-Station UW kann hier nur gemutmaßt werden: Die Unterwarnow wird im

Wesentlichen vom Oberflächenabfluss der Oberwarnow gespeist, die ihrerseits große landwirtschaftliche Flächen entwässert. Insbesondere im Frühjahr ist durch die Ausbringung von Gülle und Düngemitteln eine starke Sättigung der Ackerböden mit Stickstoffverbindungen gegeben. Bei Regenereignissen werden diese Verbindungen zum Teil in die nächstgelegenen Oberflächenwasserkörper ausgewaschen und gelangen über die Unterläufe in die Küstenwasserkörper, wo sie dann schnell verdünnt werden.

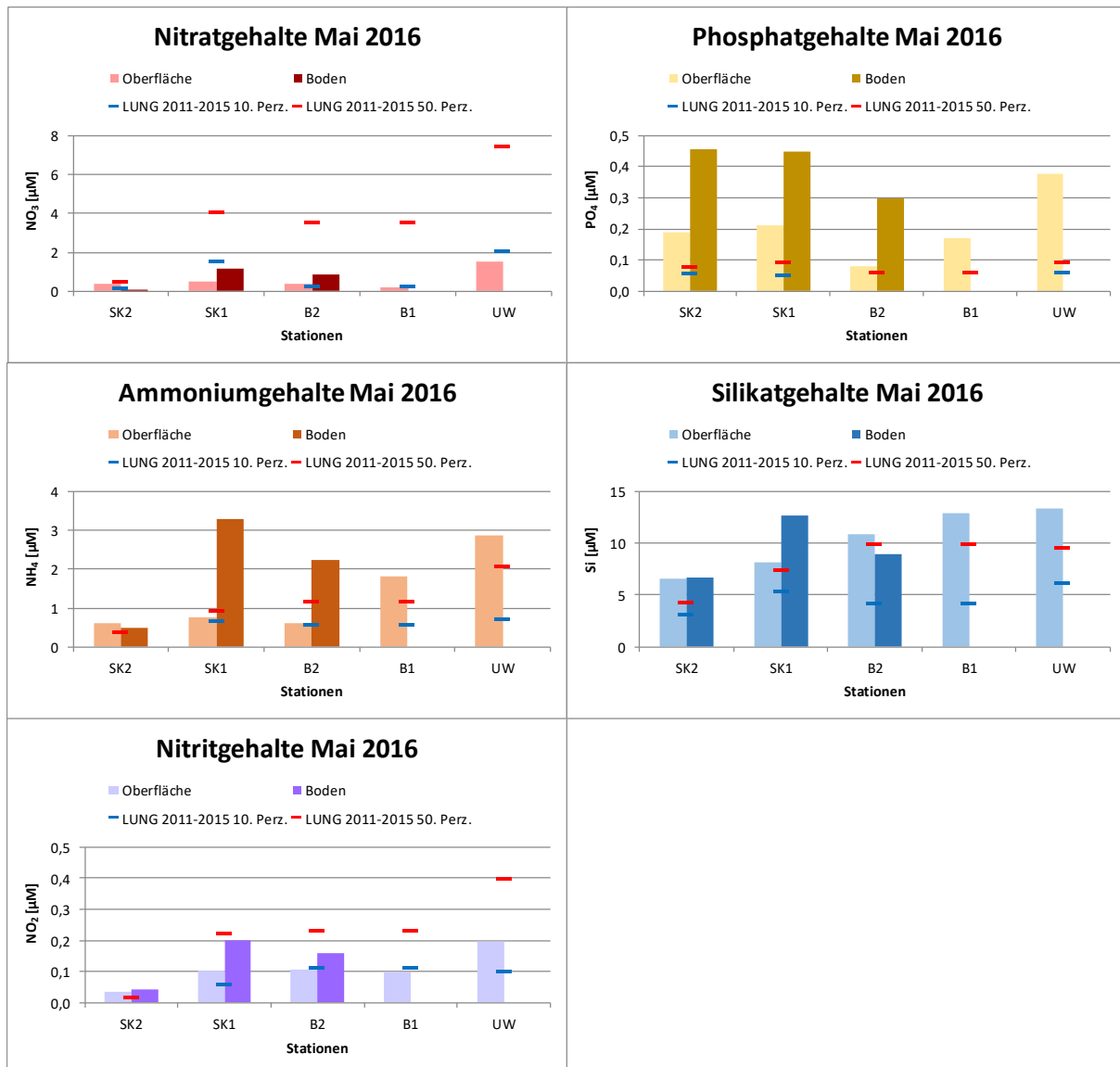


Abbildung 83: Nährstoffe (Nitrat, Ammonium, Nitrit, Phosphat und Silikat) oberflächen- und boden-nah an allen Untersuchungsstationen im Mai 2016; Markierungslinien in Rot zeigen die 50%-Perzentilen, in Blau die 10%-Perzentilen für jede Station bezogen auf LUNG-Messdaten von 2011-2015.

Insofern reflektieren die beschriebenen Messungen temporäre Zustände, wie sie in Mündungsbereich von Flüssen und Ästuaren in Küstengewässer regelmäßig beobachtet werden: Zu bestimmten Zeiten, vorzugsweise im Frühjahr, führt die Kombination aus häufigeren und stärkeren Regenereignissen und Düngungsmaßnahmen in der Landwirtschaft zu starken, impulsartigen Einträgen von Nährstoffen, zumeist Stickstoffnährsalzen, in die wasserführenden Systeme. Welche Auswirkungen diese Einträge dann auf weitere Prozesse im Gewässersystem – hier spielt die Entwicklung von Planktonblüten eine wichtige Rolle – haben, kann im Einzelnen bisher nicht nachverfolgt oder belegt werden. Dass hier jedoch, auch unter Berücksichtigung der ohnehin vorhandenen permanenten Nährstoffeinträge durch die Flüsse, eine Beeinträchtigung des Ökosystems im Sinne der Eutrophierungsproblematik vorliegt, ist in den internationalen Gremien unbestritten. Als Konsequenz wird in den europäischen Meeresschutzübereinkommen wie OSPAR (Nordsee) und HELCOM (Ostsee) und insbesondere auch in der europäischen Meeresstrategierahmenrichtlinie eine Reduzierung dieser Nährstoffeinträge vorgegeben. Entsprechende Maßnahmenprogramme sind auch national bereits aufgelegt und an die EU berichtet (MSRL 2016).

Im Gegensatz dazu lagen die Oberflächenwerte von Phosphat größtenteils unter dem 10%-Perzentil und waren damit sehr niedrig. Lediglich an der Seestation SK2 waren die Werte höher und überschritten sowohl an der Oberfläche als auch in Bodennähe den Median. Generell waren die Bodenwerte grobenteils höher als die Oberflächenwerte.

Im Mai 2016 zeigten die Nährstoffgehalte insbesondere bei den Nitrat- und Nitritwerten eine deutliche Abweichung von den April-Konzentrationen (Abbildung 83). Beide Parameter hatten Gehalte, die um das 10%-Perzentil schwankten und damit sehr niedrig waren. Ammonium erreichte oder überschritt an der Oberfläche häufig den Median. Die Phosphat- und Silikatkonzentrationen überschritten grundsätzlich das 50%-Perzentil, an der Station UW sogar sehr deutlich.

Auch im Juni 2016 (Abbildung 84) waren die Nitratwerte sehr gering und unterschritten das 10%-Perzentil der LUNG-Daten teils deutlich. Ausnahme war die Unterwarnow-Station UW; hier lagen die Konzentrationen oberhalb des 10%-Perzentils, aber unterhalb des Medians. Die Ammonium- und Nitritwerte waren zumeist in einem Bereich zwischen dem 10%- und dem 50%-Perzentil. Dagegen lagen die Phosphat- und Silikatgehalte insbesondere im Breitling und in der Unterwarnow deutlich über dem Median, erreichten diesen aber auch an den anderen Stationen.

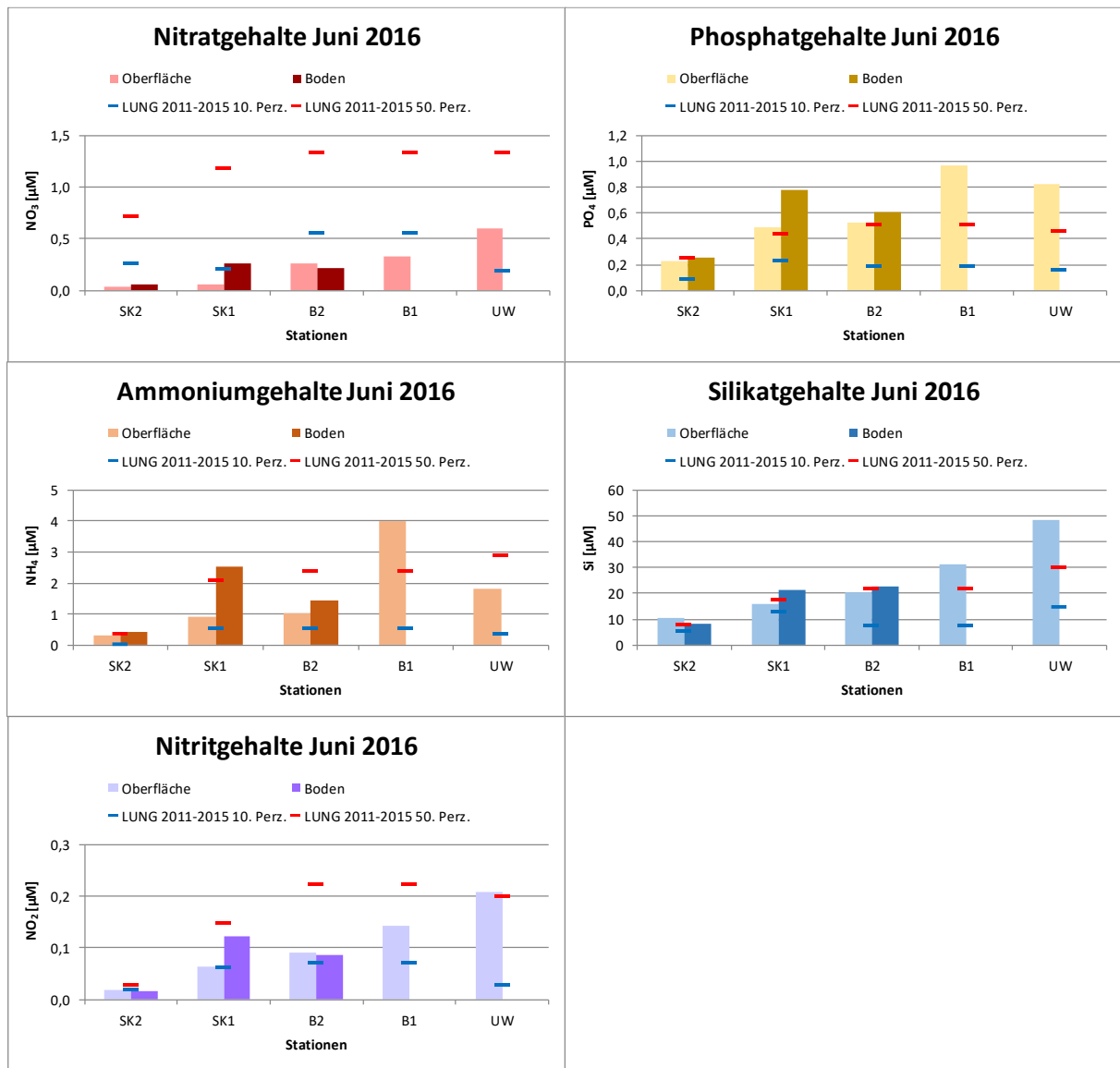


Abbildung 84: Nährstoffe (Nitrat, Ammonium, Nitrit, Phosphat und Silikat) oberflächen- und boden-nah an allen Untersuchungsstationen im Juni 2016; Markierungslinien in Rot zeigen die 50%-Perzentilen, in Blau die 10%-Perzentilen für jede Station bezogen auf LUNG-Messdaten von 2011-2015.

Ein vergleichbares Bild zeigte sich im Juli 2016 (Abbildung 85). Unterschiede ergaben sich bei zwei Nitratproben (B1, Oberfläche und B2, Boden), die deutlich über dem Median der LUNG-Daten lagen. Obwohl die Ammoniumwerte in der gleichen Größenordnung auftraten wie im Juni 2016, waren sie im Juli deutlich unterhalb des 10%-Perzentils der LUNG-Messungen. Auffällig war auch ein relativ niedriger Phosphatwert an der Station UW, der nahe dem 10%-Perzentil lag.

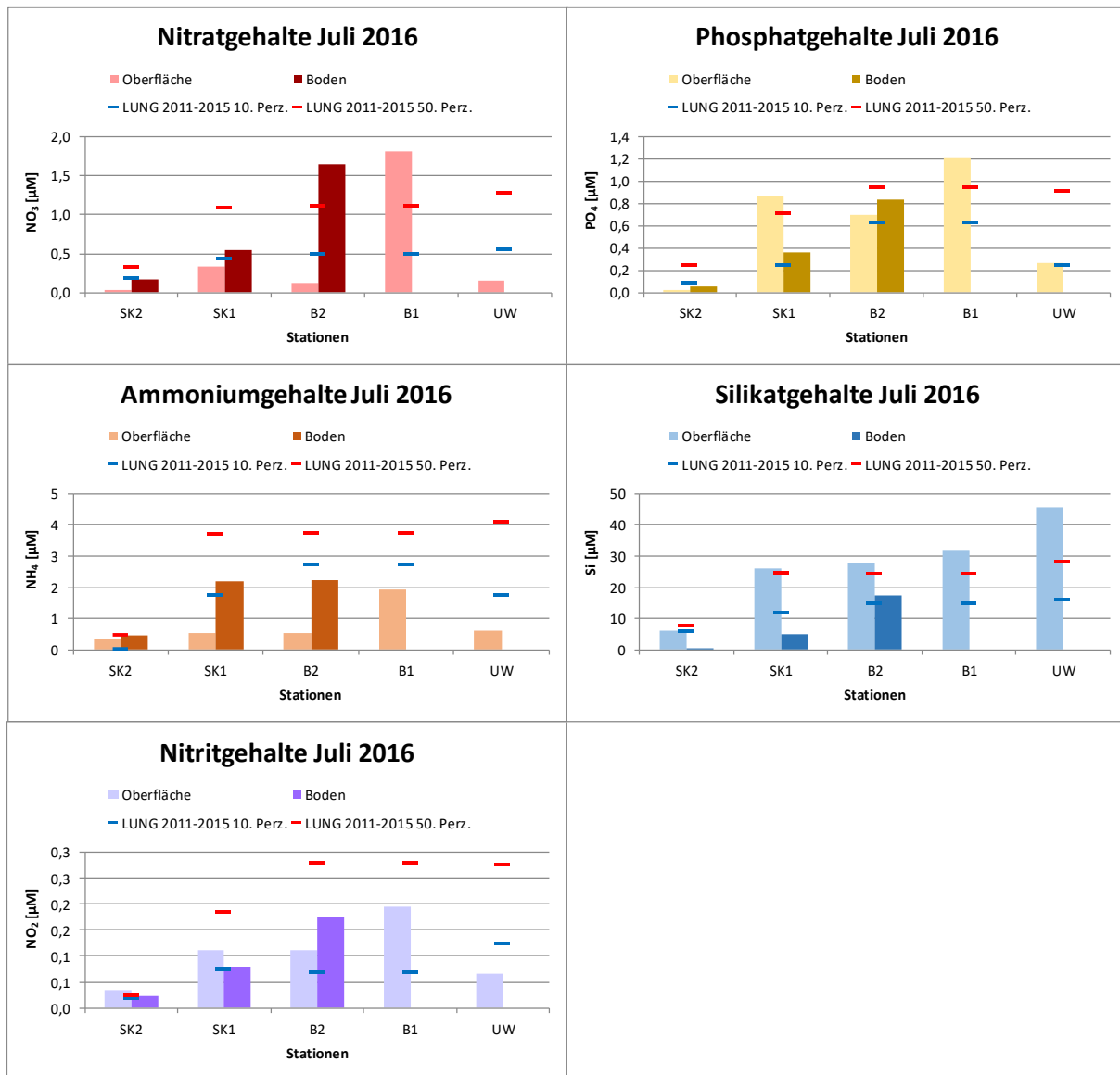
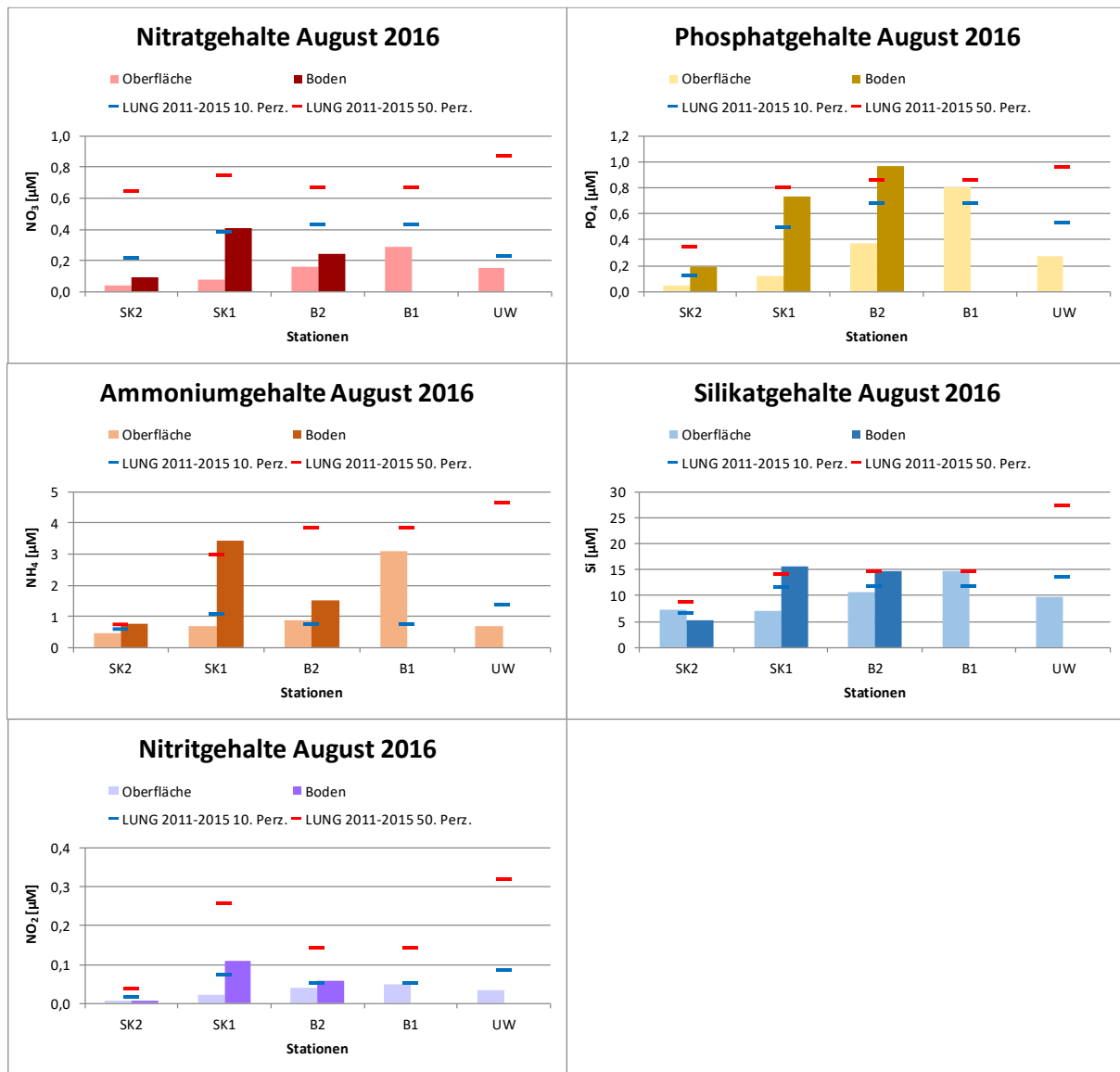


Abbildung 85: Nährstoffe (Nitrat, Ammonium, Nitrit, Phosphat und Silikat) oberflächen- und boden-nah an allen Untersuchungsstationen im Juli 2016; Markierungslinien in Rot zeigen die 50%-Perzentilen, in Blau die 10%-Perzentilen für jede Station bezogen auf LUNG-Messdaten von 2011-2015.

Auch im August 2016 (Abbildung 86) waren die Nitratkonzentrationen sehr niedrig und unterhalb des 10%-Perzentils. Nur ein Bodenwert an der Station SK1 erreichte diese Schwelle. Ähnliche Tendenzen zeigten die niedrigen Ammonium- und Nitritgehalte. Ammonium hatte nur in der bodennahen Probe an Station SK1 und an der Oberfläche der Station B1 Werte, die um den Median lagen. Mit Ausnahme der Station B1 hatte Phosphat ausschließlich Konzentrationen unterhalb des 10%-Perzentils. Die Bodenwerte waren aber deutlich höher.



+

Abbildung 86: Nährstoffe (Nitrat, Ammonium, Nitrit, Phosphat und Silikat) oberflächen- und boden-nah an allen Untersuchungsstationen im August 2016; Markierungslinien in Rot zeigen die 50%-Perzentilen, in Blau die 10%-Perzentilen für jede Station bezogen auf LUNG-Messdaten von 2011-2015.

Extrem niedrige Nitrat- und Nitritwerte wurden im September 2016 gemessen (Abbildung 87). Alle Werte an der Oberfläche und in Bodennähe lagen an der Nachweisgrenze und weit unterhalb des 10%-Perzentils der LUNG-Daten. Gleiches galt für die Oberflächengehalte an Ammonium. Lediglich zwei Bodenwerte (SK1, SK2) überschritten das 10%-Perzentil, erreichten aber den Median bei Weitem nicht. Die Oberflächenwerte von Phosphat und Silikat erreichten an fast allen Stationen den Median und überschritten denselben an der Unterwarnow-Station UW deutlich.

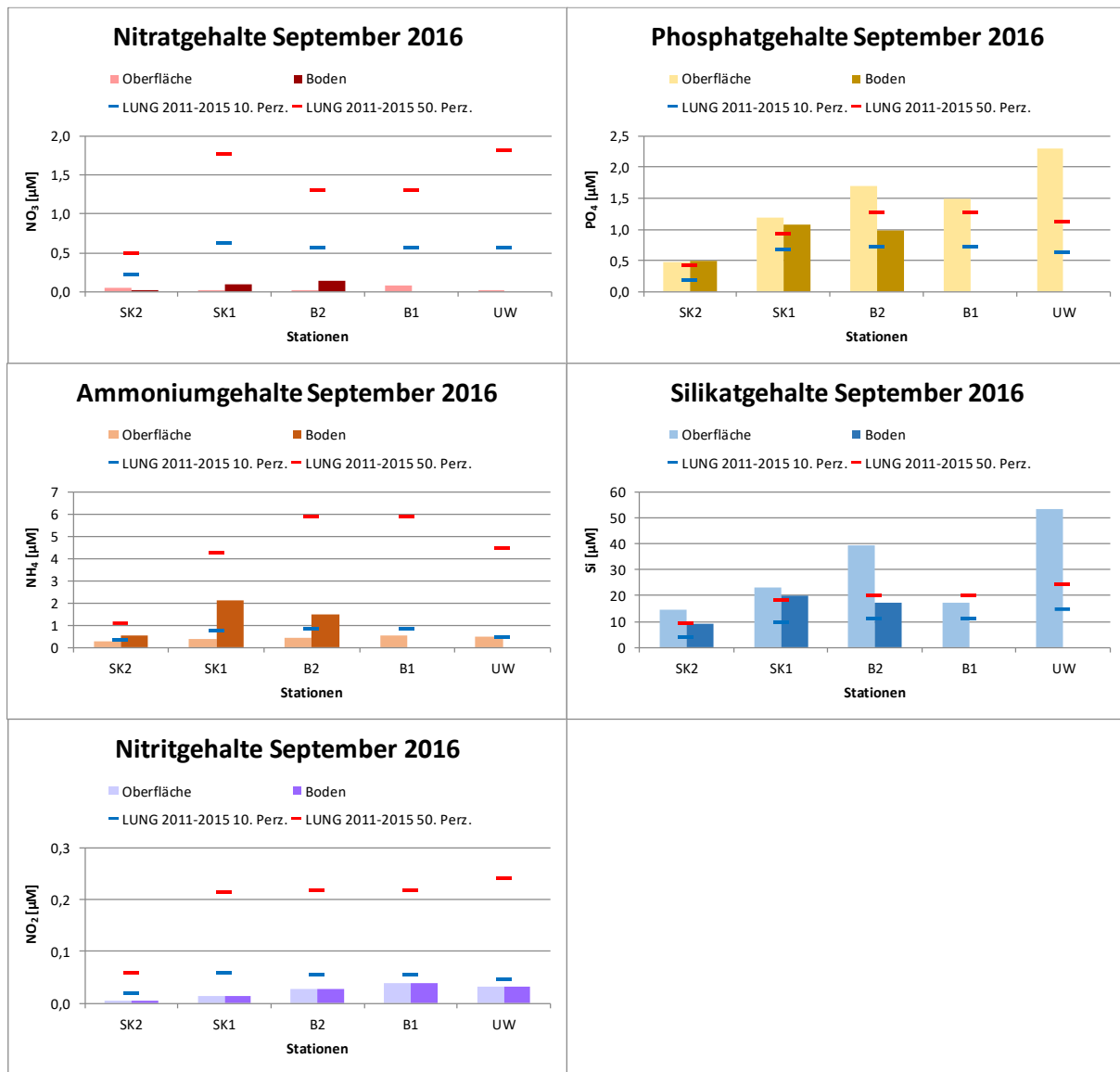


Abbildung 87: Nährstoffe (Nitrat, Ammonium, Nitrit, Phosphat und Silikat) oberflächen- und boden-nah an allen Untersuchungsstationen im September 2016; Markierungslinien in Rot zeigen die 50%-Perzentilen, in Blau die 10%-Perzentilen für jede Station bezogen auf LUNG-Messdaten von 2011-2015.

6.4.4.2 Bewertung gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie

Bewertungsmethoden für Nährstoffe nach WRRL

Innerhalb der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sind die Nährstoffe ein Bewertungselement innerhalb der allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten. Für eine Einstufung der Wasserkörper bezüglich der Nährstoffverhältnisse nach WRRL werden zurzeit nur Stickstoff- und Phosphor als Bewertungselemente verwendet. Grundlage der seit 2016 vorzunehmenden Bewertungen ist die nationale Umsetzung der WRRL in Form der Oberflächengewässerverordnung in der seit 2016 geltenden Fassung (OGewV 2016). In Anlage 7 werden die Bedingungen für

den sehr guten ökologischen Zustand bzw. das sehr gute ökologische Potenzial und den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial durch Zielwertvorgaben für die Konzentrationen der Stickstoff- und Phosphorverbindungen tabellarisch dargestellt. Für die Ostsee sind hier generell nur die Konzentrationen an Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor als ganzjährige Mittelwerte maßgeblich, während für die Nordsee noch die anorganischen Gesamtfractionen des anorganischen Stickstoffs (DIN) bzw. Phosphors (DIP) im Rahmen einer Bewertung herangezogen werden.

Einen Überblick über die maßgeblichen Bewertungsschwellen für den sehr guten und guten ökologischen Zustand bzw. das sehr gute und gute ökologische Potenzial für die Küstengewässer in Mecklenburg-Vorpommern zeigen die nachfolgenden Tabelle 13 und Tabelle 14.

Tabelle 13: **Sehr guter** ökologischer Zustand bzw. **sehr gutes** ökologisches Potenzial: Werte für Stickstoff- und Phosphorparameter für verschiedene Gewässertypen der Ostsee in Mecklenburg-Vorpommern (OGewV 2016); gelb unterlegt sind die relevanten Typen und Werte für den Seekanal Rostock.

Wasserkörpertyp	Salinität in PSU (Durchschnittswert)	Gesamt-Stickstoff (TN) in mg l⁻¹/µM (Jahresdurchschnitt)	Gesamt-Phosphor (TP) in mg l⁻¹/µM (Jahresdurchschnitt)
B1	≤ 2,8	≤ 0,36 / ≤ 25,7	≤ 0,029 / ≤ 0,93
B2a	≤ 7,7	≤ 0,17 / ≤ 12,9	≤ 0,012 / ≤ 0,39
B2b	≤ 12,9	≤ 0,21 / ≤ 15,0	≤ 0,015 / ≤ 0,48
B3a	≤ 7,2	≤ 0,17 / ≤ 12,1	≤ 0,013 / ≤ 0,42
B3b	≤ 11,7	≤ 0,18 / ≤ 12,9	≤ 0,014 / ≤ 0,45

Eine Überschreitung der Schwellenwerte aus Tabelle 13 führt zunächst zur Prüfung auf die Vorgaben für den guten ökologischen Zustand bzw. für das gute ökologische Potenzial, die in Tabelle 14 gelistet sind.

In einer neueren Arbeit haben Schernewski et al. (2015) 3-D-Modellrechnungen für die Ostsee durchgeführt. Dabei wurden Messwerte von 1880 als Referenzbedingungen für Stickstoff und Phosphor zugrunde gelegt und für jeden Wasserkörper modellhaft berechnet. Aus dieser Berechnung wurden Zielvorgaben für die Konzentrationen in der Weise abgeleitet, dass auf diese Referenzkonzentrationen

ein Aufschlag von 50 % addiert wurde. Die Ergebnisse für die LUNG-Messstationen sind in Tabelle 15 aufgeführt.

Tabelle 14: Vorgaben für einen **guten** ökologischen Zustand bzw. ein **gutes** ökologisches Potenzial: Werte für Stickstoff- und Phosphorparameter für verschiedene Gewässertypen der Ostsee in Mecklenburg-Vorpommern (OGewV 2016); gelb unterlegt sind die relevanten Typen und Werte für den Seekanal Rostock.

Wasserkörpertyp	Salinität in PSU (Durchschnittswert)	Gesamt-Stickstoff (TN) in mg l⁻¹/µM (Jahresdurchschnitt)	Gesamt-Phosphor (TP) in mg l⁻¹/µM (Jahresdurchschnitt)
B1	≤ 2,8	≤ 0,53 / ≤ 37,9	≤ 0,044 / ≤ 1,42
B2a	≤ 7,7	≤ 0,25 / ≤ 17,9	≤ 0,018 / ≤ 0,58
B2b	≤ 12,9	≤ 0,32 / ≤ 22,9	≤ 0,023 / ≤ 0,74
B3a	≤ 7,2	≤ 0,25 / ≤ 17,9	≤ 0,019 / ≤ 0,61
B3b	≤ 11,7	≤ 0,27 / ≤ 19,3	≤ 0,020 / ≤ 0,65

Werden auch diese Schwellenwerte überschritten, erreicht das betreffende Gewässer höchstens den mäßigen ökologischen Zustand bzw. das mäßige ökologische Potenzial.

Tabelle 15: Zielwerte für Gesamt-Stickstoff und -Phosphor aus Modellrechnungen nach Schernewski et al. (2015).

Wasserkörpertyp	LUNG-Messstation	Zielwert Gesamt-Stickstoff (TN) in µM	Zielwert Gesamt-Phosphor (TP) in µM
B2a	UW4 Unterwarnow (Warnowwerft)	22,8	0,83
B3b	UW 5 Warnemünde Mole	17,6	0,69
B3b	O5 Warnemünde	20,0	0,77

Die hier genannten Schwellenwerte für Gesamt-Stickstoff und -Phosphor beziehen sich immer auf Jahresdurchschnittswerte. Da im Jahr 2016 alle Messungen nur in den Monaten April bis September durchgeführt wurden, ist eine Einschätzung gemäß den obigen Bewertungsskalen nur eingeschränkt möglich. Dennoch wird im folgenden Kapitel eine Einstufung für diese beiden Nährstoffkomponenten vorgenommen.

Vorliegende Bewertungen nach LAWA und WRRL

In einer Arbeit der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 2007) wurden Hintergrund- und Orientierungswerte für Gesamt-Stickstoff und -Phosphor abgeleitet und ein fünfstufiges Bewertungssystem erstellt, nach dem die Küstengewässer der Unterwarnow und vor Warnemünde auf Basis von LUNG-Daten von 2003-2006 (LUNG-MV 2008) eingestuft wurden. Die nachfolgende Tabelle 16 gibt einen Überblick.

Tabelle 16: Bewertung der Nährstoffkonzentrationen bei Warnemünde nach den Orientierungswerten der LAWA (2007) auf Basis LUNG-Daten , Auszug aus BfG (2011).

LUNG-Messstation	Jahresmittelwert Gesamt-Stickstoff (TN) in µM	Jahresmittelwert Gesamt-Phosphor (TP) in µM
UW4 nördl. Unterwarnow	51,4	1,74
UW 6 Breitling	54,7	1,74
O5 (küstenfern)	18,3	0,77

Dabei lag folgendes Bewertungsschema zugrunde:

Einhaltung der Hintergrundwerte:	sehr gut	(blau)
Einhaltung der Orientierungswerte:	gut	(grün)
Orientierungswerte bis 2-fach überschritten:	mäßig	(gelb)
Orientierungswerte 2- bis 4-fach überschritten:	unbefriedigend	(orange)
Orientierungswerte mehr als 4-fach überschritten:	schlecht	(rot)

Nach dieser Skala wurden die Wasserkörper der Unterwarnow und des Breitlings (B2a) auf Basis der Nährstoffwerte als „unbefriedigend“ eingestuft, während die seewärtige Station O5 (B3b), die eine räumliche Nähe zur Probenahmestation SK2 hat, als „gut“ bewertet wurde.

In der aktualisierten Version des Bewirtschaftungsplans für die Flussgebietseinheit Warnow/Peene (LUNG 2015) wird der Bereich der Unterwarnow als stark veränderter Wasserkörper eingestuft. Das entsprechende ökologische Potenzial wird nach einer fünfstufigen Skala mit „unbefriedigend“ bewertet (Abbildung 88). Der an der Küste angrenzende Wasserkörper „südliche Mecklenburger Bucht/Warnemünde bis Darß“ (Typ B3b) hat dagegen als natürlicher Wasserkörper einen „mäßigen“ ökologischen Zustand. Da sowohl die Messstation SK2 als auch die LUNG-Überwachungsstation O5 sehr nahe an diesem Wasserkörper liegen, wurden für eine Einstufung die Vorgaben der OGewV (2016) für den Wasserkörpertyp B3b verwendet. Schernewski (2015) bezog sich mit seinen Zielwerten ohnehin direkt auf die Überwachungsstation O5.

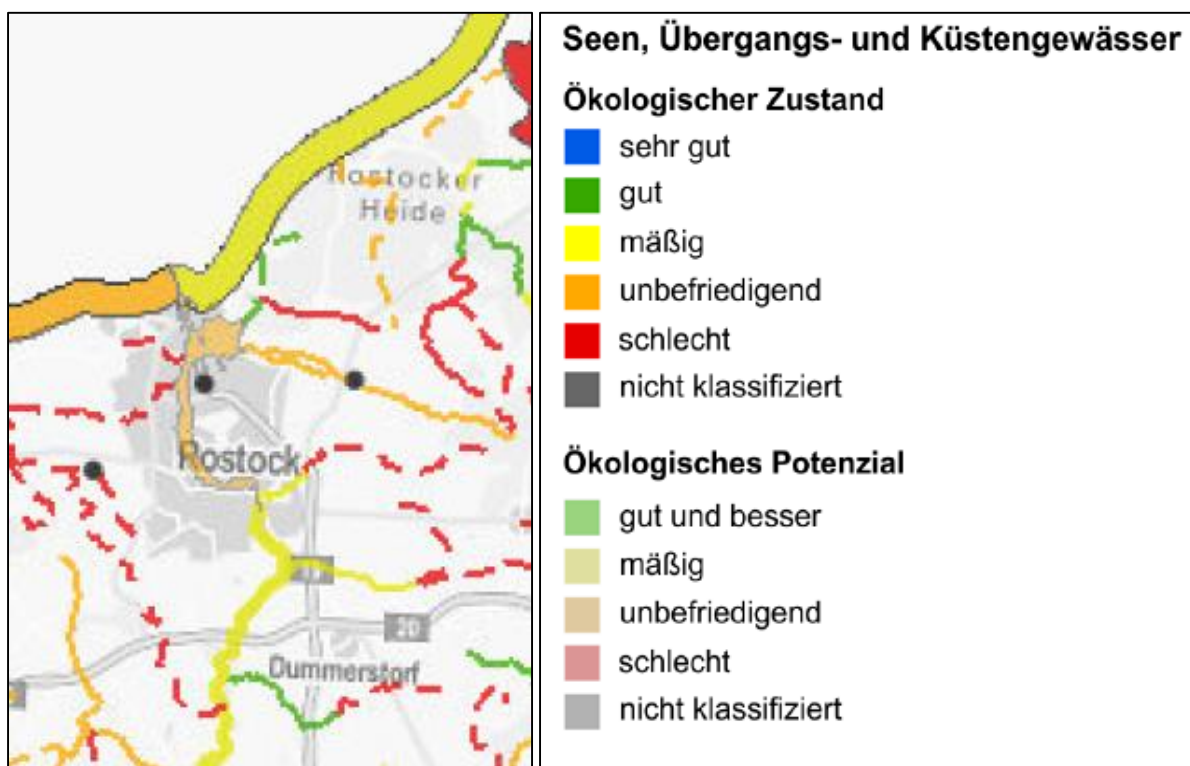


Abbildung 88: Ökologischer Zustand und ökologisches Potenzial der Oberflächenwasserkörper der Unterwarnow und des angrenzenden äußeren Küstenwassers der Mecklenburger Bucht (Quelle: WasserBLICK/BfG; 11.12.2015).

Einordnung der eigenen Messergebnisse

Die nachfolgende Abbildung 89 und Abbildung 90 zeigen die im Jahr 2016 gemessenen Gesamtstickstoff- und -Phosphorwerte für die Unterwarnow-Stationen im Wasserkörper B2a und die äußere Seekanal-Station SK2. Die aus der Oberflächenwasserverordnung (OGewV 2016) eingezeichneten Grenzwerte (rote Linie) wie-

sen für alle Monatsmessungen in der Unterwarnow eine Überschreitung aus. Danach konnte der Wasserkörper nur in die Kategorie „mäßiges ökologisches Potenzial“ eingeordnet werden.

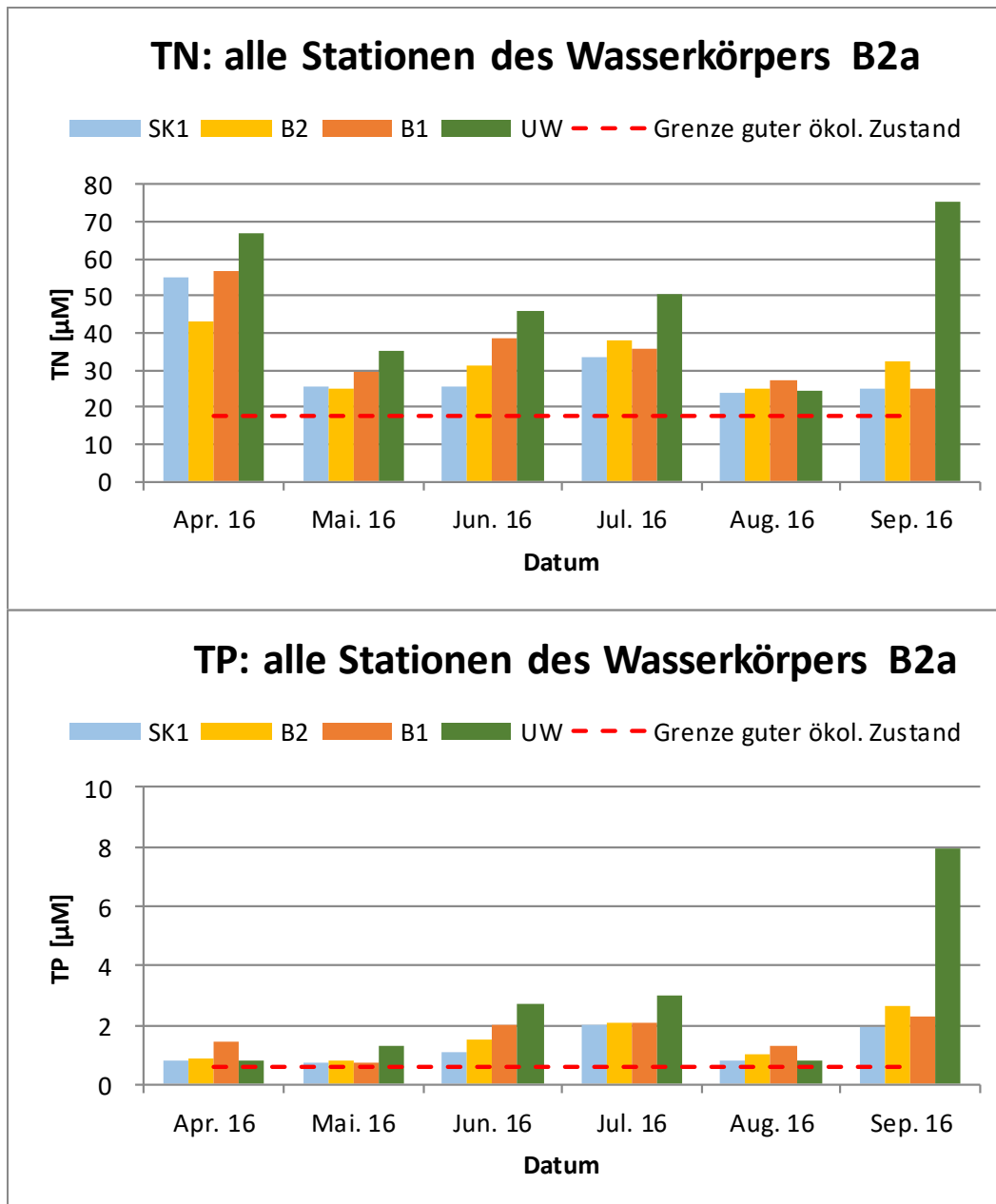


Abbildung 89: Konzentrationen von Gesamt-Stickstoff (TN) und -Phosphor (TP) an den Unterwarnow-Stationen des Wasserkörpers B2a und der Schwellenwert zum Übergang gut/mäßig (rote Linie).

Anders war die Situation an der äußeren Messstation SK2 (Abbildung 90): Hier lagen die Monatsmesswerte deutlich niedriger und streuten sowohl für Stickstoff als auch für Phosphor um den Grenzwert der OGewV für den nahen Wasserkörper

B3b. Es konnte daher möglich sein, hier eine bessere Bewertung als den „mäßigen ökologischen Zustand“ vorzunehmen.

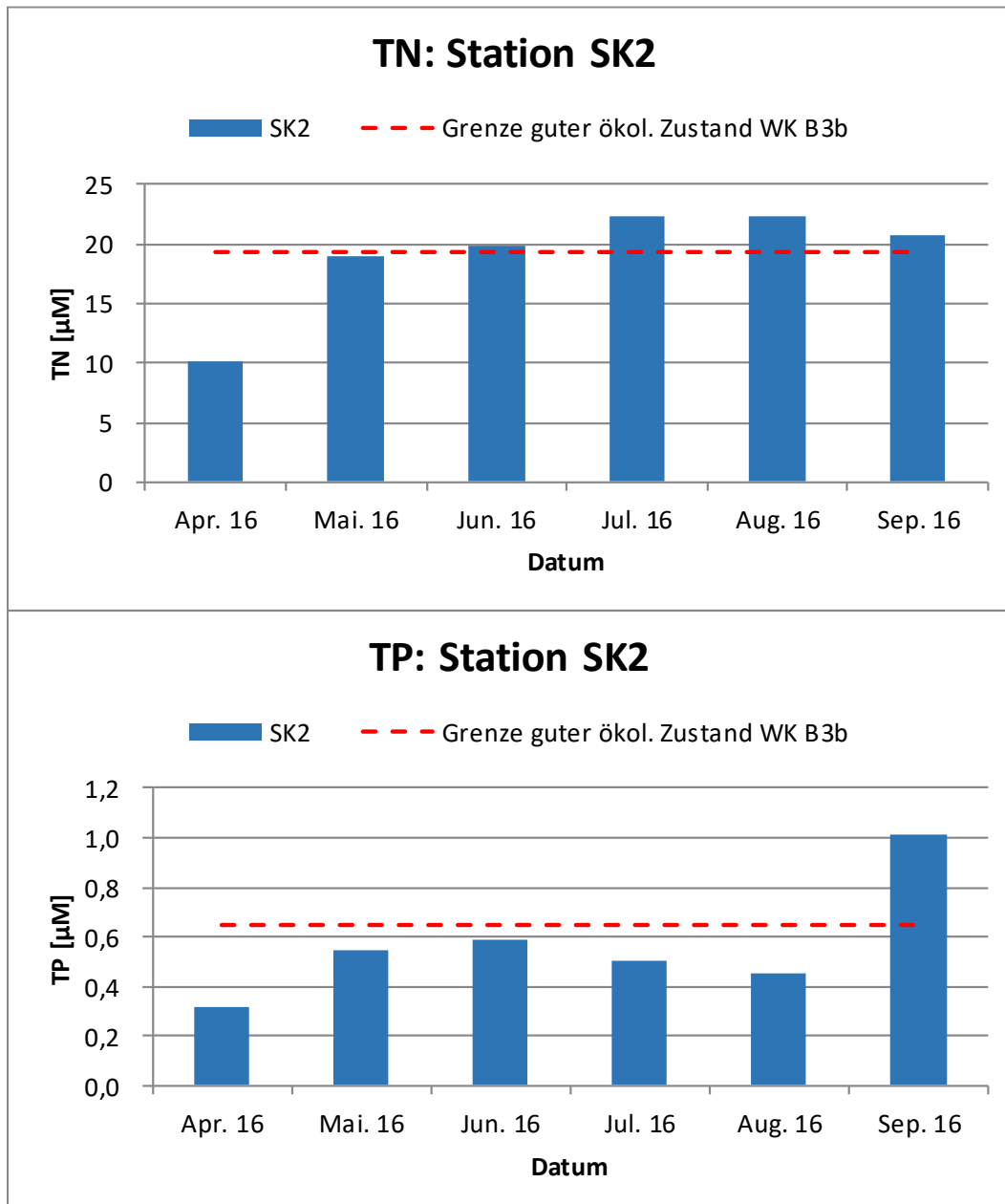


Abbildung 90: Konzentrationen von Gesamt-Stickstoff (TN) und -Phosphor (TP) an der Außenstation SK2 im Wasserkörper B3b und der Schwellenwert zum Übergang gut/mäßig (rote Linie).

Für eine überschlägige Einstufung, die allerdings nicht den Vorgaben der Wasser-rahmenrichtlinie in Bezug auf mehrjährige Messzeiträume entsprach, wurden die die 6-Monatswerte aus dem Jahr 2016 für TN und TP gemittelt und in Tabelle 17

und Tabelle 18 den Grenzwerten der OGeWV (2016) sowie den Zielwerten von Schernewski (2015) gegenübergestellt.

Tabelle 17: Mess-, Grenz- und Zielwerte für Gesamt-Stickstoff für verschiedene Wasserkörper; Bewertung nach OGeWV (2016): orange – unbefriedigend / grün – gut

Wasserkörpertyp	Messstationen im Wasserkörper	Messmittelwert 2016 TN [μM]	Grenze „gut“/„mäßig“ (OGeWV 2016): TN [μM]	Zielwert nach Schernewski (2015) TN [μM]
B2a	SK1, B1, B2, UW	37,3	17,9	22,8
(B3b)	SK2	19,1	19,3	20,0

Tabelle 18: Mess-, Grenz- und Zielwerte für Gesamt-Phosphor für verschiedene Wasserkörper; Bewertung nach OGeWV (2016): orange – unbefriedigend / grün – gut

Wasserkörpertyp	Messstationen im Wasserkörper	Messmittelwert 2016 TN [μM]	Grenze „gut“/„mäßig“ (OGeWV 2016): TN [μM]	Zielwert nach Schernewski (2015) TN [μM]
B2a	SK1, B1, B2, UW	1,78	0,58	0,83
(B3b)	SK2	0,57	0,65	0,77

Die Tabellen geben einen Hinweis darauf, dass die Einstufung der Wasserkörper ausschließlich auf Basis der Nährstoffe Gesamt-Stickstoff und Gesamt-Phosphor für die Unterwarnow (Wasserkörpertyp B2a) eine Einstufung in das „unbefriedigende“ ökologische Potenzial ergaben. Dagegen wies der äußere Küstenwasserkörper an der Station SK2, wenn er mit dem nahegelegenen Wasserkörpertyp B3b verglichen wurde, sowohl für Stickstoff als auch für Phosphor einen guten ökologischen Zustand auf.

Dass sich die generelle Einstufung des Küstenwasserkörpers B3b/ Mecklenburger Bucht nur auf einen insgesamt mäßigen ökologischen Zustand zurückführen ließ

(Abbildung 88), war durch die Vorgaben der Gesamtbewertung nach WRRL bedingt, die weitere Qualitätskomponenten berücksichtigen musste und daher nicht ausschließlich auf einer Bewertung der Nährstoffsituation beruhte.

Außerdem muss berücksichtigt werden, dass die Grundlage für die beschriebene Einstufung lediglich ein saisonaler Jahresmittelwert aus dem Jahr 2016 war. Für eine korrekte Einordnung nach Vorgaben der EG-Wasserrahmenrichtlinie sind eigentlich Bewertungszeiträume von mindestens 5 Jahren anzusetzen.

7 Abschließende Bewertung und Ausblick

Die Messungen und Analysen an den verschiedenen Messstationen der Unterwarnow sowie im Seekanal Rostock erstreckten sich über eine Wachstumsperiode von April bis September 2016. Die hier gewonnenen Erkenntnisse stellten daher lediglich eine Momentaufnahme in dem komplexen und hoch variablen Ökosystem der Warnow dar. Daher war es notwendig, die Ergebnisse zusätzlich in die Datenmatrix einzuordnen, die die durch regelmäßige und langjährige Monitoring-Untersuchungen seitens des LUNG geschaffen worden ist und den Autoren dieses Berichts freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurde.

Die Untersuchungen der physikalisch-chemischen und biologischen Komponenten – bei Letzteren handelte es sich in dem vorliegenden Bericht ausschließlich um Phyto- und Zooplankton – zeigten einen jahrestypischen Verlauf bei Konzentrationen, Abundanzen und Artensukzessionen. Gleichzeitig waren die Verhältnisse insbesondere in der Unterwarnow mit den hier liegenden Messstationen deutlich durch die Einträge der Warnow geprägt. Insbesondere Stickstoff wurde im April vermutlich aus der Oberwarnow in großen Mengen eingetragen, erreichte dann aber im Jahresverlauf deutlich niedrigere Werte im Unterwarnowbereich. Ein scheinbar gegenläufiger Trend war bei Phosphat und Silikat zu beobachten, hier erreichten die Konzentrationen maximale Werte im September. Dennoch war zu vermuten, dass auch hier die Warnow prinzipiell für höhere Einträge über den gesamten Zeitraum verantwortlich war, die im Frühjahr lediglich durch die ersten Plantonblüten reduziert worden waren. Rosenbaum (2015) zeigte in einer Arbeit über die Unterwarnow, dass insbesondere Phosphat ganzjährig aus diffusen Quellen, die zum größten Teil geogen sind, in das Gebiet der Unterwarnow eingetragen wird. Auch das Grundwasser könnte hier einen maßgeblichen Beitrag leisten. Silikat wird ebenfalls in größeren Mengen eingetragen und auch hier wird ein geogener Ursprung vermutet.

Mit Ausnahme des Nährstoffs Nitrat, der abgesehen vom Monat April über den gesamten Messzeitraum oft nur das 10%-Perzentil der 6-Jahreswerte des LUNG erreichte, lagen die meisten Werte für die physikalisch-chemischen Daten nahe den arithmetischen Mittelwerten bzw. Medianen der LUNG-Messungen. Sie fügten sich damit auch in die Bewertungen der Vorjahre ein und zeigten keine auffälligen Abweichungen. Gleiches galt für die biologischen Komponenten Phytoplankton und Zooplankton.

Insgesamt haben sich die Einträge aller Nährsalze in den letzten zwei Dekaden zwar deutlich vermindert (Rosenbaum 2015), dennoch liefert die Warnow immer noch einen großen Beitrag zur Eutrophierung. Als Konsequenz ist insbesondere im Bereich der Unterwarnow immer wieder mit dem Auftreten massiver Algenblüten zu rechnen, so wie es im September 2016 beobachtet wurde. Eine Folge dieser Blüten und des nachfolgenden Abbaus sind oft sehr niedrige Sauerstoffkonzentrationen, die in bodennahen Wasserschichten für die dort lebende Flora und Fauna bedrohlich werden und zu erhöhten Mortalitätsraten führen können. Daher muss

eine weitere Reduktion der Stickstoffeinträge, die zu großen Teilen aus der Landwirtschaft stammen, auch in Zukunft ein wichtiges Ziel der Bewirtschaftungspläne der WRRL sein.

Die seewärtige Station SK2 war durch die Einträge aus der Warnow weniger beeinflusst; hier bestimmte in größerem Maß das salzreichere Ostseewasser die physikalisch-chemischen Zustände und damit auch die Artengemeinschaften beim Plankton. Beim Phytoplankton fanden sich oft sehr viel niedrigere Biomassen als in der Unterwarnow und das Artenspektrum unterschied sich. Noch deutlicher wurden die Unterschiede an der Station SK2 beim Zooplankton: Hier dominierten insgesamt die Vertreter der Copepoda und Nauplii, was für die Unterwarnow nur im April beobachtet wurde. Im Juni und Juli traten auch die meroplanktischen Larven der Mollusca in großen Mengen auf, während an den Unterwarnow-Stationen andere Gruppen bestandsbildend waren.

8 Glossar und Abkürzungsverzeichnis

Abundanz - Dichte bzw. Häufigkeit von Organismen in ihrem Habitat bezogen auf einen Raum oder eine Fläche; für Phytoplankton z.B. Individuen pro Liter, für Zooplankton Individuen pro Kubikmeter

Adultus/Adulti – Alttier(e), fortpflanzungsfähiges Entwicklungsstadium der Ruderfußkrebse (= ältestes Copepoditstadium)

Appendicularia - Gruppe der Manteltiere (Tunicata)

Autoklav - Geschlossenes Gefäß, das hohe Überdrücke und Temperaturen für Probenaufschlüsse erzeugen kann

Biomasse - Masse von Organismen in einem Ökosystem, ausgedrückt als gesamte Masse aller Lebewesen oder bezogen auf ein oder mehrere Taxa

Biovolumen - Volumen von Organismen in einem Ökosystem, beispielsweise das gesamte Volumen, das die Individuen des Phytoplanktons in einem Liter Wasser ausmachen

BLANO - Bund/Länder-Ausschuss für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee

Chl-a - Chlorophyll-a ist das wichtigste Photosynthesepigment autotropher Organismen

Cirripedia - Seepocken, im Zooplankton sind deren Larvenstadien vorhanden, Nauplius (nach Schlupf aus Ei) und Cypris (letztes Entwicklungsstadium vor der sessilen Lebensform)

CIS - Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive - Gemeinsame Umsetzungsstrategie für die Wasserrahmenrichtlinie

Copepoda - Ruderfußkrebse, alle Entwicklungsstadien gehören zum Zooplankton (6 Nauplius- und 6 Copepoditstadien, wobei die erwachsenen und geschlechtsreifen Tiere (=Adulti) dem 6. Copepoditstadium entsprechen)

Copepodit - auf das Naupliusstadium folgende Entwicklungsstadien der Ruderfußkrebse (Copepoda)

DIN - Dissolved Inorganic Nitrogen (gelöster anorganischer Stickstoffstoff)

Echinodermata - Stachelhäuter

Exsikkator - Trocknungsbehälter, enthält normalerweise Wasser oder Feuchtigkeit absorbierende Substanzen

geogen - aus natürlichen Quellen/ Prozessen in Boden, Wasser oder Luft stammend

Ind. - Individuum/Individuen

kokkal - Zellen einer bestimmten Organisationsstufe, die geißellos sind und eine feste Zellwand besitzen

Kontinuierliche Flussanalyse („Continuous Flow Analysis“) - Messsystem, bei dem kontinuierlich Reagenzien und Proben durch ein Photometer fließen, das eine Farbtintensität und damit Konzentration der Proben misst

LAWA - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

LUNG - Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie in Mecklenburg-Vorpommern

Median - siehe 50%-Perzentil

Meroplankton - Organismen, die nur Teile ihres Lebenszyklus im Freiwasser als Plankton verbringen, z.B. die Larven vieler benthisch (auf und im Sediment) lebender Tiere

mesohalin - Gewässer mittleren Salzgehaltes

Mollusca - Weichtiere (in dieser Arbeit als Synonym für Muschel- und Schneckenlarven verwendet)

MSRL - Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, europäische Richtlinie mit Vorgaben zur Kontrolle und Verbesserung der Gewässerqualität in Oberflächengewässern wie Seen, Flüssen und Meeren

MW - Mittelwert

Nauplius – Primärlarve (frühestes Entwicklungsstadium) bei den Krebstieren (Crustacea). Bei vielen Gruppen, insbesondere der höheren Krebse, ist dieses Stadium auf das Ei beschränkt, schlüpft also nicht mehr. Bei anderen Gruppen schlüpfen die Nauplien aus dem Ei und sind dann als Bestandteil des Zooplanktons zu finden. Bekannt sind vor allem die Naupliusstadien der Ruderfußkrebse (Copepoda) und Seepocken (Cirripedia).

Nematoda - Fadenwürmer

OGewV - Oberflächengewässerverordnung vom 20.06.2016

Ökologischer Zustand / Ökologisches Potenzial – Ziel der Wasserrahmenrichtlinie ist die Herstellung des guten oder sehr guten ökologischen Zustands natürlicher Oberflächengewässer. Ein großer Teil dieser Oberflächengewässer wurde in Deutschland als „erheblich verändert“ oder „künstlich“ ausgewiesen. Für diese Gewässer gilt, im Gegensatz zu den natürlichen Gewässern, nicht der gute ökologische Zustand als Ziel, sondern das gute ökologische Potenzial.

OW - Orientierungswert, der die Grenze vom „guten“ zum „mäßigen“ Zustand/Potenzial markiert; wird meist auf Basis eines Hintergrundwertes plus 50 % Abweichung ermittelt

Perzentil - Verteilungsgröße aus der Statistik, z.B. 10%-Perzentil: Wert, bei dem 10 % (Anzahl) der Gesamtmesswerte unterhalb liegen; das 50%-Perzentil (50 % (Anzahl) der Messwerte liegen unterhalb dieses Wertes) ist der sogenannte Median

Phaeopigmente - Abbauprodukte des Chlorophylls

Plankton - im Freiwasser vorkommende Organismen, die nicht in der Lage sind gegen Strömungen anzuschwimmen; zum Phytoplankton gehören dabei alle autotrophen, Photosynthese treibenden Vertreter, zum Zooplankton die heterotrophen

Planktongesellschaft - Gemeinschaft aller unterschiedlichen Arten an Planktonorganismen zu einem bestimmten Zeitpunkt

Polychaeta - Vielborster

RAKON - Rahmenkonzeption Monitoring und Bewertung von Oberflächengewässern der LAWA

Remineralisierungsprozesse - Vorgänge in der Wassersäule, bei denen aus biologisch festgelegten Nährstoffen (Stickstoff, Phosphor, Silizium), z.B. in Organismen, durch vorwiegend bakteriellen Abbau die anorganischen, löslichen Nährstoffe (Nitrat, Ammonium, Nitrit, Phosphat, Silikat) in die Wassersäule zurückgeführt werden

Rotifera - Rädertierchen

Sauerstoffsättigung - Maximaler Konzentrationswert für (physikalisch) gelösten Sauerstoff im Wasser, er ist druck-, temperatur- und salzgehaltsabhängig; der Sauerstoffsättigungswert in % gibt die Menge an tatsächlich gelöstem Sauerstoff im Verhältnis zur maximal möglichen Lösung an

Secchi-Tiefe - Sichttiefe im Wasser, die durch das Herablassen einer runden weißen Scheibe in das Wasser bestimmt wird: Die Tiefe, in der die Scheibe gerade nicht mehr sichtbar ist

SK - Seekanal Rostock

Stabw. - Standardabweichung

Taxon - ein Rang innerhalb der hierarchischen Klassifizierung von Organismen, z.B. eine Art, eine Gattung, eine Ordnung, eine Klasse etc.

thermohaline Schichtung - vertikale Schichtung von Wassermassen, die durch Temperatur- und Salzgehaltsunterschiede verursacht wird

Tiefenprofil - Vertikale Aufnahme von Messpunkten in der Wassersäule (von oben nach unten oder umgekehrt), kontinuierlich oder in bestimmten Abständen

TN - Total Nitrogen (Gesamtstickstoffgehalt im Wasser, gelöst und partikulär, organisch und anorganisch)

TP - Total Phosphorus (Gesamtphosphorgehalt im Wasser, gelöst und partikulär, organisch und anorganisch)

UVPG - Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung, zuletzt geändert am 13.10.2016

UVU - Umweltverträglichkeitsprüfung

UW - Unterwarnow

Wasserkörper - bestimmter Bereich in einem See, Fließgewässer oder Küsten-/Meeresgewässer, der durch Festlegung geografischer oder topografischer Grenzen definiert ist

Wassersäule – das gesamte Oberwasser eines Gewässers vom Boden/ Sediment bis zur Wasseroberfläche

WRRL – Wasserrahmenrichtlinie, europäische Richtlinie mit Vorgaben zur Kontrolle und Verbesserung der Gewässerqualität in Oberflächengewässern wie Seen, Flüssen und Meeren

WSA - Wasser- und Schifffahrtsamt Stralsund

9 Literatur

- BfG (2011): Umweltrisikoeinschätzung (URE) und FFH-Verträglichkeitseinschätzung (FFH-VE) für Projekte an Bundeswasserstraßen – Ausbau Seekanal Rostock auf -16,XX m. Bundesanstalt für Gewässerkunde im Auftrag des WSA Stralsund, Koblenz, BfG-SAP-Nr. M39630104024, 136 S.
- BLANO (2014): Harmonisierte Hintergrund- und Orientierungswerte für Nährstoffe und Chlorophyll-a in den deutschen Küstengewässern der Ostsee sowie Zielfrachten und Zielkonzentrationen für die Einträge über die Gewässer – Konzept zur Ableitung von Nährstoffreduktionszielen nach den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie, der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, der Helsinki-Konvention und des Göteborg-Protokolls. Bericht der BLANO-Ad-hoc-Arbeitsgruppe Nährstoffreduktionsziele und Eutrophierung Ostsee. Bund/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee (BLANO), BMUB, Bonn, 95 S.
<http://www.meeresschutz.info/>
- DIN 38412-16 (1985-12): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Testverfahren mit Wasserorganismen (Gruppe L); Bestimmung des Chlorophyll-a-Gehaltes von Oberflächenwasser (L 16). Beuth Verlag, Berlin.
- DIN EN 15972 (2011-11): Wasserbeschaffenheit - Anleitung für die quantitative und qualitative Untersuchung von marinem Phytoplankton. Beuth Verlag, Berlin.
- DIN EN 16698 (2014-02): Wasserbeschaffenheit - Anleitung für die quantitative und qualitative Probenahme von Phytoplankton aus Binnengewässern. Beuth Verlag, Berlin.
- DIN EN 16695 (2015-12): Wasserbeschaffenheit - Anleitung zur Abschätzung des Phytoplankton-Biovolumens. Beuth Verlag, Berlin.
- Grasshoff K., Kremling K., Ehrhardt M. (Eds.) (1999): Methods of Seawater Analysis, Wiley-VCH, Weinheim.
- HELCOM (2015): Manual for marine monitoring in the COMBINE programme of HELCOM.
<http://www.helcom.fi/action-areas/monitoring-and-assessment/manuals-and-guidelines/combine-manual>
- LAWA (2007): AO-Rahmenkonzeption Monitoring Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen (Arbeitspapier II), Hintergrund und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Komponenten. Stand 07.03.2007, S. 1-13.

- LAWA (2014): LAWA-AO Rahmenkonzeption Monitoring Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen, Arbeitspapier II, Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Qualitätskomponenten zur unterstützenden Bewertung von Wasserkörpern entsprechend EG-WRRL. http://www.wasserblick.net:8080/servlet/is/142684/RaKon%20B%20-%20Arbeitspapier-II_Stand_09012015.pdf?command=downloadContent&filename=RaKon%20B%20-%20Arbeitspapier-II_Stand_09012015.pdf
- LUNG (2008): Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern: Gewässergütebericht Mecklenburg-Vorpommern 2003/2004/2005/2006: Ergebnisse der Gewässerüberwachung der Fließ-, Stand- und Küstengewässer und des Grundwassers in Mecklenburg-Vorpommern. Güstrow.
- LUNG (2015): Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans nach § 83 WHG bzw. Artikel 13 der Richtlinie 2000/60/EG für die Flussgebietseinheit Warnow/Peene für den Zeitraum von 2016 bis 2021. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Mecklenburg-Vorpommern, Dezember 2015.
- LUNG (2015): Hintergrundpapier zum Bewirtschaftungsplan 2015 – Festlegung weniger strenger Umweltziele für die Unterwarnow, 4 pp. http://www.wrrl-mv.de/doku/hintergrund2BZ/2015_HD_Unterwarnow.pdf
- MSRL (2016): MSRL-Maßnahmenprogramm zum Meeresschutz der deutschen Nord- und Ostsee. Bericht gemäß § 45h Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes. Verabschiedet vom Bund/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee (BLANO) am 30. März 2016. 128 S. http://www.meeresschutz.info/berichte-art13.html?file=files/meeresschutz/berichte/art13-massnahmen/MSRL_Art13_Massnahmenprogramm_Rahmentext.pdf
- OGewV (2016): Oberflächengewässerverordnung vom 20.06.2016, BGBl.I, S. 1373
- Postel, L., Simon, H., Guiard, V. (2007): Vervollständigung der individuen-spezifischen Längen-Biomasse-Beziehungen für 18 regelmäßig in der Ostsee vorkommende Zooplanktontaxa zur Überarbeitung des HELCOM-Combine-Manual (Annex C-7, Kapitel 6.2) im Rahmen der biologischen Qualitätssicherung des BLMP Nord- und Ostsee. Abschlussbericht. IOW, Warnemünde. 125 pp.
- Putt, M., & Stocker, D. K. (1989): An experimentally determined carbon: volume ratio for marine 'oligotrichous' ciliates from estuarine and coastal waters. *Limnol. Oceanogr.* 34: 1097–1103.
- Rosenbaum, R. (2015): Analyse der Langzeitentwicklung der Gewässergüte im Bereich Unterwarnow. Masterarbeit, Universität Rostock, 154 pp.

- Sagert, S., Selig, U., Schubert, H. (2008): Phytoplanktonindikatoren zur ökologischen Klassifizierung der deutschen Küstengewässer der Ostsee. Rostock. Meeresbiolog. Beitr. 20, 45-69.
- Schernewski, G., Friedland, R., Carstens, M., Hirt, U., Leujak, W., Nausch, G., Neumann, T., Petenati, T., Sagert, S., Wasmund, N., von Weber, M. (2015): Implementation of european marine policy: New water quality targets for German Baltic waters. Marine Policy, 51: 305-321.
- Seal Analytical (2008): AutoAnalyzer Applications – Ammonia in Water and Seawater, Method 1000025_NH4 Rev. 0 / Nitrat und Nitrit in Wasser und Seewasser, Methoden-Nr. D-065-92 Rev. 2 / Nitrit in Wasser und Seewasser, Methoden-Nr. D-062-92 Rev. 3 / Phosphat in Wasser und Seewasser, Methoden-Nr. D-170-96 Rev. 2 / Silikat in Wasser und Seewasser, Methoden-Nr. D-177-96 Rev. 9.
- Telesh, I. V., Postel, L., Heerkloss, R., Mironova, E., Skarlato, S. (2009): Zooplankton of the Open Baltic Sea: Extended Atlas. Meereswiss. Ber. 76: 1-290.
- Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. Mitt. Int. Verh. Theor. Angew. Limnol. 9, 1-38.
- Uye, S., Aoto, I., Onbé, T. (2002): Seasonal population dynamics and production of *Microsetella norvegica*, a widely distributed but little-studied marine planktonic harpacticoid copepod. J. Plankt. Res. 24: 143-153.
- Wasmund, N., Dutz, J., Pollehne, F, Siegel, H., Zettler, M.L. (2015): Biological assessment of the Baltic Sea 2014. IOW Meereswissenschaftliche Berichte 98, 91 pp.
- Wasmund, N., Dutz, J., Pollehne, F, Siegel, H., Zettler, M.L. (2016): Biological assessment of the Baltic Sea 2015. IOW Meereswissenschaftliche Berichte 102, 98 pp.
- Winkel, N. (2003): Das morphologische System des Warnow-Ästuars. Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau 86: 65-67.
http://vzb.baw.de/publikationen/mitteilungsblaetter/0/winkel_warnow.pdf